

فرنگ مدرن

(دکتر فرنگ)

فهرست

صفحه

عنوان

۱

نیت

۱۲

تطهیر کواشیومی نور

۱۶

اگر حار کواشیومی: ماهی و ذره ابر ماهی

۱۸

اگر حار کواشیومی

۲۵

حد لاس انجی و یا ما را ام بسودن

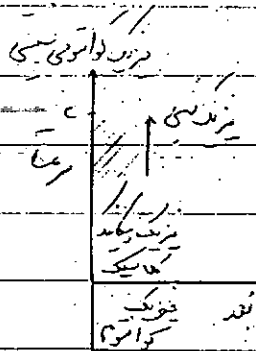
۲۵

منا دله مرد و نسل

فیزیک کلاسیک } مکانیک نیوتنی
 فیزیک مدرن } نسبیت
 فیزیک کوانتومی } (الکترون و فواید)

۱۹۰۵ سال
 ۱۹۱۵ سال

نسبت $\beta = \frac{v}{c}$ (نسبت سرعت) است
 عامل انقباض



۲- زمان و مکان

نسبت کوانتومی: sells, Ohanian, Resnick, Eisberg (درجه دوم صواب است)
 زمان (دانش فیزیک)

اصول نسبیت خاص: Resnick ترجمه گودرز
 مکان فیزیک کوانتومی: Eisberg ترجمه بهمن

نسبت متناهی (Corresponding Pri): در فیزیک کلاسیک در نظر میگیریم، اما در
 مکان فیزیک مدرن، همان روابط کلاسیک نمیگردد.

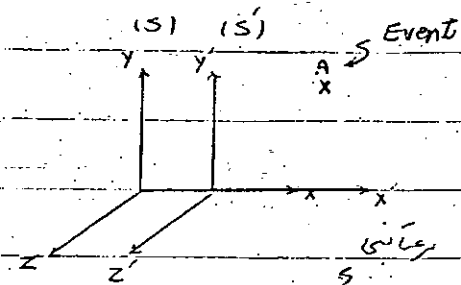
نسبت Relativity

عدم همبستگی مطلق
 نسبیت خاص: راجع به زمان و مکان است
 نسبیت عام: راجع به گرانش است

اصول نسب خاص: ۱- اصل اول: یک قوانین فیزیکی در دستگاه‌های مختلف نسبیت همواره یکسان دارند، هم‌راستا هستند.

Covariant
دستگاه‌های نسبیت هم‌راستا دارند

۲- اصل دوم: سرعت نور (در خلأ) در تمام دستگاه‌های نسبیت هم‌راستا یکسان است. $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$
برای تمام ناظران مختلف یکی است.
اصل مابعداثر سرعت نور.



اصل اول
فرم یکسان دستگاه S با سرعت نسبیت S
در حال حرکت باشد

$$\begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \quad \begin{cases} u_x' = u_x - v \\ u_z' = u_z \\ u_y' = u_y \end{cases} \quad \begin{cases} a_x' = a_x \\ a_y' = a_y \\ a_z' = a_z \end{cases} \Rightarrow \vec{a}' = \vec{a}$$

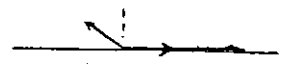
در این حالت، دستگاه نسبیت هم‌راستا با دستگاه می‌تواند سکون داشته باشد.

$$m\vec{a}' = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F}' = \vec{F}$$

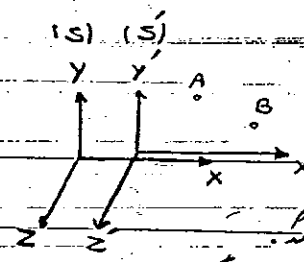
تجربه آداک: اصل بقای اندازه حرکت و اصل بقای انرژی جنبشی

۱- قایق در رودخانه که در رودخانه آب با سرعت v می‌تواند حرکت کند. اگر آب با سرعت v حرکت کند و عرض رودخانه L باشد، در دو حالت زیر زمان حرکت قایق را محاسبه و مقایسه کنید.
۱- قایق با قایق‌بان به اندازه L در جهت حرکت آب می‌رود و نقطه غرقیت خود بر روی رودخانه را T_1 ثانیه می‌رسم. آیا بر این تاثیر می‌گذارد؟
۲- قایق با قایق‌بان به اندازه L را بگونه‌ای جابجا شود که در راستای عمود بر حرکت آب به نقطه مقابل رسیده

میزد (T_2)



$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 \bar{u}_1 + m_2 \bar{u}_2 \quad (1)$$
 اصل بقای اندازه حرکت



درین سیستم دستگاه S
 برعکس تابانانیت
 دستگاه S در حال حرکت است
 برعکس تابانانیت

در دستگاه S: $x' = x - vt$
 $y' = y$
 $z' = z$

در دستگاه S': $u'_x = u_x - v$
 $u'_y = u_y$
 $u'_z = u_z$

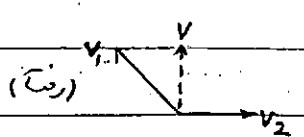
با استفاده کنیم $m_1 u'_{1x} + m_2 u'_{2x} = m_1 \bar{u}'_{1x} + m_2 \bar{u}'_{2x}$
 جایگزین $m_1 (u_{1x} - v) + m_2 (u_{2x} - v) = m_1 (\bar{u}_{1x} - v) + m_2 (\bar{u}_{2x} - v)$
 بنابراین همان رابطه (1) خواهیم رسید که چون این رابطه در دستگاه S صادق است پس صادق است می شود.

اصل بقای انرژی جنبشی $\rightarrow \frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 \bar{u}_1^2 + \frac{1}{2} m_2 \bar{u}_2^2$

با استفاده کنیم $m_1 u_{1x}^2 + m_2 u_{2x}^2 = m_1 \bar{u}_{1x}^2 + m_2 \bar{u}_{2x}^2$
 جایگزین $\rightarrow m_1 (u_{1x} - v)^2 + m_2 (u_{2x} - v)^2 = m_1 (\bar{u}_{1x} - v)^2 + m_2 (\bar{u}_{2x} - v)^2$
 مرتب کن $\rightarrow m_1 u_{1x}^2 + m_2 u_{2x}^2 + (m_1 + m_2)v^2 - 2v(m_1 u_{1x} + m_2 u_{2x})$
 مرتب کن $\rightarrow m_1 \bar{u}_{1x}^2 + m_2 \bar{u}_{2x}^2 + (m_1 + m_2)v^2 - 2v(m_1 \bar{u}_{1x} + m_2 \bar{u}_{2x})$

با استفاده از این دو معادله در دستگاه S اصل بقای انرژی جنبشی است.

$$T_1 = \frac{L}{v_1 + v_2} + \frac{L}{v_1 - v_2} \Rightarrow v_1 > v_2, \quad T_1 = \frac{2Lv_1}{v_1^2 - v_2^2}$$



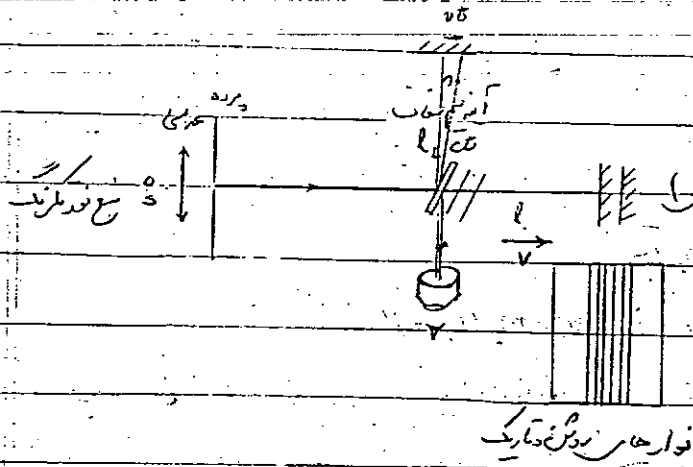
$|v| = \sqrt{|v_1|^2 - |v_2|^2} \Rightarrow T_2 = \frac{2L}{|v|} = \frac{2L}{\sqrt{|v_1|^2 - |v_2|^2}}$

با این معادله بین T_1 و T_2 می توانیم مقایسه کنیم: $\frac{1}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}} \cdot \frac{v_1}{v_1^2 - v_2^2}$

$\Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = \frac{v_1}{\sqrt{v_1^2 - v_2^2}} > 1 \Rightarrow T_1 > T_2$ حواره

اصل دوم

آزادش می‌کند و در یک سیداس ج



اگر $l = l_0$ باشد، فلز یکبار در آن نظر می‌رسد

اگر عمده زمین را با انسان دریم، همانند
باله‌های هواپیما، خواهیم داشت.

$$T_{II} = \frac{l}{c-v} + \frac{l}{c+v} = \frac{2l}{c(1-\beta^2)}$$

$$c^2 t^2 = l^2 + v^2 t^2 \rightarrow T_I = \frac{2l}{c(1-\beta^2)^{1/2}} \quad \beta \approx 10^{-4}$$

$$\Delta t = T_{II} - T_I = \frac{2l}{c} \left[1 + \beta^2 - 1 - \frac{1}{2}\beta^2 \right] \Rightarrow \Delta t = \frac{l\beta^2}{c}$$

میلان در یک فلز روشن، و به نظر می‌رسد که یکبار در آن نظر می‌رسد، پس برابر می‌باشد، جابجایی‌ها هم در آنرا

حالا بیایم که در این حالت، $\Delta t = -\frac{l\beta^2}{c}$
پس آن که مکان نورها

$$\Delta T = \frac{2l}{c} \beta^2$$

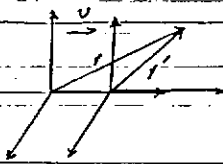
$$\lambda = cT, \quad \frac{\Delta T}{T} = \frac{2l\beta^2}{\lambda}$$

$$\frac{2 \times 10 \times 10^{-8}}{5 \times 10^{-7}} = 0.4$$

وجود ایند، و به نظر می‌رسد که یکبار در آن نظر می‌رسد، اما تاکنون چنین انحرافاتی برای نور مشاهده
نشده است.

۱۸, ۱۷, ۱۶

(S) (S')



اصل ۲: سرعت نور در خلا در همه جهت‌ها یکسان است (c)

$$x' = \gamma [x - vt]$$

$$x = \gamma [x' + vt']$$

$$c^2 t^2 = r^2 = x^2 + y^2 + z^2$$

$$c^2 t'^2 = r'^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2$$

$$\Rightarrow c^2 t^2 - x^2 = c^2 t'^2 - x'^2$$

$$x' = a_{11}x + a_{12}t$$

$$t' = a_{21}x + a_{22}t$$

$$\Rightarrow a_{11} = \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\begin{cases} x' = \gamma (x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \end{cases}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = (1 - \beta^2)^{-\frac{1}{2}}$$

$$t' = \gamma (t - \frac{\beta}{c} x)$$

$$\begin{cases} u_x = \frac{dx}{dt}, & u_y = \frac{dy}{dt}, & u_z = \frac{dz}{dt} \\ u'_x = \frac{dx'}{dt'}, & u'_y = \frac{dy'}{dt'}, & u'_z = \frac{dz'}{dt'} \end{cases}$$

$$u'_x = \frac{\gamma [dx - v dt]}{\gamma [dt - \frac{\beta}{c} dx]} \Rightarrow u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \beta u_x / c}$$

$$u'_x = u_x - v \quad \text{مربا نسبی} \quad u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \beta u_x / c}$$

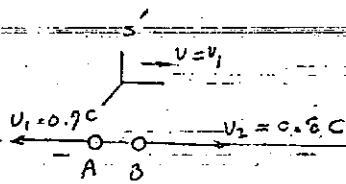
سرعت‌های نسبی (در نظریه نسبیت)

$$\begin{cases} u'_y = \frac{dy}{dt'} = \frac{dy}{\gamma [dt - \frac{\beta}{c} dx]} = \frac{u_y}{\gamma (1 - \beta u_x / c)} \\ u'_z = \frac{u_z}{\gamma (1 - \beta u_x / c)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = \gamma (x' + vt') \\ y = y' \\ z = z' \end{cases}$$

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \beta u'_x / c}$$

$$t = \gamma (t' + \frac{\beta}{c} x')$$



سؤال: $v_{21} = ?$

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \beta/c u'_x} = \frac{v_2 + v_1}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}} = \frac{(0.9 + 0.8)c}{1 + \frac{0.9 \times 0.8}{c^2} c^2} = \frac{1.7c}{1.72} < c$$

تابش نسبیتی

$$a_x = \frac{du_x}{dt}, \quad a_y = \frac{du_y}{dt}$$

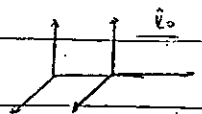
$$a'_x = \frac{du'_x}{dt'} = \frac{\frac{du_x}{dt}}{\frac{dt'}{dt}} = \frac{a_x(1 - \beta/c u_x) + \beta/c a_x(u_x - v)}{(1 - \beta/c u_x)^2} \cdot \frac{dt}{dt'}$$

$$\Rightarrow a'_x = \frac{a_x(1 - \beta^2)}{\gamma(1 - \beta/c u_x)^3} = \frac{a_x}{[\gamma(1 - \beta/c u_x)]^3}$$

تمرین: سائل شماره 5، 6، 9، 15، 18.

v_A, v, v_B

امتحان میان ترم 10 آبان



انتقال طول (مضا)

همی در حالت حرکت است، طول در آخر به هم می رسد.

$$\begin{cases} x'_1 = \gamma(x_1 - vt_1) \\ x'_2 = \gamma(x_2 - vt_2) \end{cases} \Rightarrow \underbrace{x'_2 - x'_1}_{l_0} = \gamma \left[\underbrace{(x_2 - x_1)}_l - v \underbrace{(t_2 - t_1)}_s \right]$$

طول از دید ناظر ساکن

در ابتدا در تیر، از آنجا که $t_2 = t_1$ باشد.

$$\Rightarrow l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

بعد از آنجیم که در راستای حرکت قرار می گیریم که آخر به هم می رسد.

انتقال زمان

$$\begin{cases} t_1 = \gamma(t'_1 + \beta/c x'_1) \\ t_2 = \gamma(t'_2 + \beta/c x'_2) \end{cases} \Rightarrow t_2 - t_1 = \gamma \left[(t'_2 - t'_1) + \beta/c (x'_2 - x'_1) \right]$$

در ابتدا در تیر ساکن، از آنجا که $x'_2 = x'_1$ است.

$$\Rightarrow T = \gamma T' \quad \text{یا} \quad T = \gamma T_0 = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

زمان دیده (از دید ناظر) در با خود سیستم حرکت می کند

(پارادوکس دو قطب)

* ساعت حرکت، از دید ناظر ساکن، کندتر می‌شود.

فرمان

فرمان دیدارها، نمی‌آید.

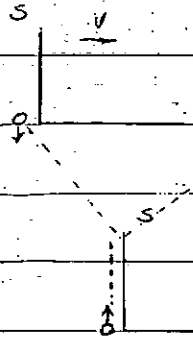
$$\Delta = x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2 = x'^2 + y'^2 + z'^2 - c^2 t'^2$$

بر این اساس، بردار چهارزمان - مکان تغییر نمی‌کند.

x	y	z	ict
x'	y'	z'	ict'
x	y	z	ict
x'	y'	z'	ict'

جرم نسبی

در حرکت نسبی



$$\sum \vec{P} = 0$$

$$-2mu_y + 2mu_y = 0$$

$$ma_y' = ma_y$$

$$m'u_y' = mu_y$$

$$u_y' = \frac{u_y}{1 - \beta/c u_x}, u_x = 0 \Rightarrow m' = \gamma m \Rightarrow M = \gamma M_0$$

تکون باعث می‌شود که از دید ناظر ساکن، انرژي دریا یک سال، بی‌پایان می‌شود.

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \beta^2/c^2}} \Rightarrow M^2 c^2 - M^2 v^2 = M_0^2 c^2$$

تغییر نا دریا

$$2Mc^2 dM - 2Mv^2 dM - 2Mv dv = 0$$

$$dM c^2 = v^2 dM + Mv dv \quad (A)$$

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{x} \rightarrow \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{x}}{dt}$$

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(M\vec{v})}{dt} = \frac{dM}{dt} \vec{v} + M \frac{d\vec{v}}{dt}$$

$$\Rightarrow dW = \left(\frac{dM}{dt} \vec{v} + M \frac{d\vec{v}}{dt} \right) \cdot d\vec{x} = v^2 dM + M \vec{v} \cdot d\vec{v} \quad \textcircled{B}$$

$$A, B \Rightarrow c^2 dM = dW = dK$$

$$\Rightarrow \int_{K=0}^K dK = c^2 \int_{M_0}^M dM \Rightarrow K = (M - M_0) c^2 = Mc^2 - M_0 c^2$$

تقریباً صاف

یا، v, γ

$$K = E - E_0$$

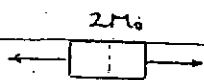
$$E_0 = M_0 c^2 \text{ انرژی حالت سکون}$$

$$E = Mc^2 \text{ انرژی کل ذره}$$

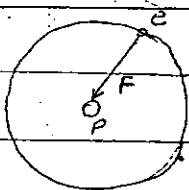
از فرمول ذره متحرک همیشه برابر است با K . حال اگر سرعت را پایین بیاوریم، باز اصل همچنان به همان رابطه انرژی منتهی در مکانیک خراج می‌دهد.

$$K = (8-1) M_0 c^2 = [11 - \gamma^2]^{-1/2} - 1] M_0 c^2$$

$$\text{اگر } \beta \ll 1 \Rightarrow K = [1 + \frac{1}{2} \beta^2 - 1] M_0 c^2 = \frac{1}{2} M_0 v^2$$



* اگر فرض کنیم بریم $2m_0$ به دو جسم یکسان تقسیم شده، این اجرام از یکدیگر دور شوند، در غایت نیروی خارجی، انتظار داریم که ترم حرکتی که از m_0 باشد.



$$m_H < m_e + m_p$$

$$m_H - (m_e + m_p) = E \rightarrow \text{انرژی} = E c^2$$

$$m_H + \text{انرژی} \rightarrow m_p + m_e$$

$$13.58 \text{ eV}$$

3
(انرژی تابش سبز)

$$E_0 = M_0 c^2 \quad \text{انرژی است}$$

$$J/e = -eV$$

$$m_p = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg} \quad m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

تبار برابری

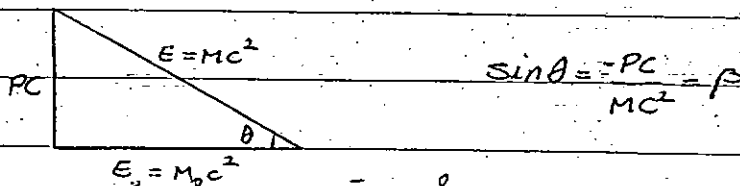
$$[M_0 c^2]_e = 0.51 \text{ MeV}, [M_0 c^2]_p = 938 \text{ MeV}, [M_0 c^2]_n = 939.5 \text{ MeV}$$

$$K = \frac{1}{2} M v^2 = \frac{p^2}{2M} \quad \text{در صورتی که}$$

$$M = \frac{M_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \Rightarrow M^2 c^2 - M^2 v^2 = M_0^2 c^2 \Rightarrow M^2 c^4 - M^2 v^2 c^2 = M_0^2 c^4$$

$$\Rightarrow E^2 - p^2 c^2 = E_0^2 \Rightarrow E^2 = E_0^2 + p^2 c^2$$

مثلث قائم



$$\sin \theta = \frac{pc}{M c^2} = \beta$$

$$\beta \rightarrow 1, \theta \rightarrow \pi/2 \quad \text{انرژی } v \text{ (آهسته)}$$

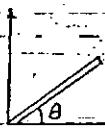
$$\beta \rightarrow 0, \theta \rightarrow 0 \quad \text{کاهش } v \text{ (آهسته)}$$

اگر فرض کنیم E انرژی است، آنگاه باید فرض کنیم که ذرات وجود دارند که هم سکون ندارند و هم آنرا
بر پایه حرکت است. «فوتون» و «نوترینو» از این نوع می باشند و هیچ آنرا به تقریب نوری بردارند.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad \text{سرعت نور در خلاء}$$

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h f}{c} \quad \text{«فوتون» دارای انرژی است که با انرژی حرکتی یکسان باشد}$$

واحد اندازه حرکتی است که با انرژی $h f$ یکسان است.



$$L \begin{cases} x \cos \theta = l \\ y = l \sin \theta \end{cases}$$

$$(1.1-1)$$

$$\text{از این امر} \quad L \begin{cases} x' = \frac{x}{\gamma} = l \cos \theta \sqrt{1-\beta^2} \\ y' = y = l \sin \theta \end{cases}$$

$$\tan \theta' = \frac{y'}{x'} = \frac{\tan \theta}{\sqrt{1-\beta^2}} = \gamma \tan \theta$$

این امر نشان می‌دهد که زاویه انحراف در این حالت برابر با زاویه انحراف در حالت سکون است.

$$L' = \sqrt{l^2 \sin^2 \theta + l^2 \cos^2 \theta (1-\beta^2)} = L \sqrt{1-\beta^2 \cos^2 \theta}$$

$$P_1 = M U = \frac{M_0}{\sqrt{1-0.6^2}} \times 0.6c = \frac{3}{4} M_0 c \quad (\text{kgm/s})$$

$$(1.1-2)$$

$$P_2 =$$

$$v_x, v_y, \gamma$$

در این حالت، اگر فرض کنیم که حرکت در امتداد محور x باشد، داریم:

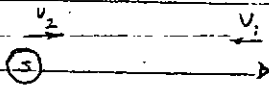
$$E^2 = E_0^2 + p^2 c^2 = \frac{E_0^2}{c^2} + p^2 c^2$$

$$\left(\frac{E_0}{c} \right)^2 = (p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) + \left(\frac{E_0}{c} \right)^2$$

$$\text{در این حالت} \quad \left(\frac{E_0}{c} \right)^2 = p_x^2 + p_y^2 + p_z^2 + \left(\frac{E_0}{c} \right)^2$$

$$\begin{cases} P_x' = \gamma (P_x - \beta \frac{E}{c}) & E' = \gamma (E - \beta c P_x) \\ P_y' = P_y \\ P_z' = P_z \end{cases}$$

P_x'	γ	0	0	$-\beta \gamma$	P_x
P_y'	0	1	0	0	P_y
P_z'	0	0	1	0	P_z
$i \frac{E'}{c}$	$-\beta \gamma$	0	0	γ	$i \frac{E}{c}$

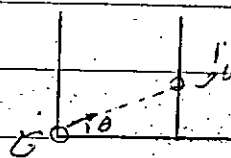


$$f = f_0 \left[\frac{1 + \frac{v_1}{v_2}}{1 - \frac{v_2}{v_1}} \right]$$

در مورد صوت:
پدیده دوپلر

از رابطه حرکت فوتون $P = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$ و انرژی حرکتی $E = h\nu$

(S) (S')



$$E' = \gamma(E - \beta c P_x)$$

$$h\nu' = \gamma(h\nu - \beta h\nu \cos \theta)$$

$$\nu' = \frac{\nu(1 - \beta \cos \theta)}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

از آنجا که ν یک ثابت برای است، پس باید ν تغییر کند. بنابراین

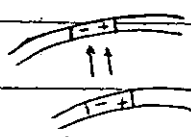
if $\theta = \pi \Rightarrow \nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 + \beta}{1 - \beta}}$

if $\theta = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \nu = \gamma \nu_0$

if $\theta = 0 \Rightarrow \nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 - \beta}{1 + \beta}}$

مثلاً در صورت

در این حالت، به جلافت حرکت، حرکت منبع یا ناظر را می توان جایگزین کرد. زیرا این تقریب، برای بودن حرکت است.



بروز اثر داپلر
بروز منطقی = بروز الکتریکی + صوتی

از دید ما هر شب خورشید، چگالی بارها در ستاره دیک است و این است

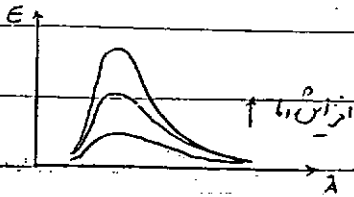
مایل: ۱۵، ۱۸، ۳۶، ۴۲، ۴۳، ۴۷، ۵، ۱۲، ۱۵، ۱۸، ۲۹، ۲۱

۷۸, ۸, ۸

خاصیت کوانتومی نور

* امپا میکانیک درجهان بر مبنای کوانتوم است. از خود انرژی تابش می کند.

* جسم سیاه، جسمی است که تابش خود را در تمام طول موجها تابش می دهد.



$$\lambda_m T = \text{const}$$

$$E \propto T^4$$

قانون استفان بولتزمن

$$E = e \sigma T^4$$

$$5.67 \times 10^{-8} \text{ (J.m}^{-2}.\text{s}^{-1}.\text{K}^{-4})$$

emission (تابش)

انرژی تابش می کند. چنانچه دم جسم را بالا ببریم، انرژی تابش می شود.

$$n = \frac{2l}{\lambda} \Rightarrow \Delta n = -\frac{2l}{\lambda^2} d\lambda$$

$$l = n \frac{\lambda}{2}$$

خود تابش، تابش را تابش می دهد.

$$n(\lambda) d\lambda = \left(\frac{8\pi}{\lambda^4} \right) d\lambda$$

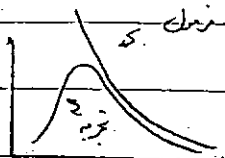
تعداد طول موجها در بین λ و $\lambda + d\lambda$ در حجم V می شود.

تابش و تابش

عدد موج

$$E = \frac{3}{2} kT$$

اصل همبستگی انرژی: در حالت متادول، انرژی تابش می کند و جسم با هم برابرند.



ماجه فراتر از تابش حرارتی است، با مدل، در دماهای بالا، تابش می دهد.

پس پلانک (۱۹۰۰) خاصیت کوانتومی نور: هر ذره در حرکت توان دارد. انرژی تابش می دهد و آن

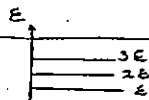
$$E_n = E = nh\nu$$

تابش تاب

$$\bar{E} = \frac{\sum N(n) E_n}{\sum N(n)} \quad N(n) = N_0 e^{-\frac{E_n}{kT}}$$

آمار (استاتیک) بولتزمن

$$\bar{E} = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$



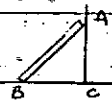
اصل پلانک: انرژی تابش می دهد و تابش می دهد.

۱-۲۷) راجحان و شادان نامزدان

۱-۲۳) $\lambda = \frac{c}{v}$ را بر حسب λ و v بنویسید.
$$vt - \frac{x}{\lambda} = v't' - \frac{x'}{\lambda'}$$

مقادیر ۵۰، ۴۹، ۴۶

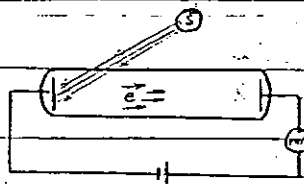
	s'	s		
$x' = \gamma(x - vt)$	(۰, ۰)	(۰, ۰)	A	۱-۲۹) تولد A
$t' = \gamma(t - \frac{v}{c}x)$	(-۵۴, ۹۰)	(۰, ۷۲)	A	مرگ A
$13.5 \times 0.6 = 8.1 \rightsquigarrow 22.5 - 8.1 = 14.4$	(۲۲.۵, -۱۳.۵)	(۱۸, ۰)	B	تولد B
	(-۳۱.۵, ۷۶.۵)	(۱۸, ۷۲)	B	مرگ B
	(۰, ۰)	(۰, ۰)	C	تولد C
	(۰, ۷۲)	(۰, ۷۲)	C	مرگ C



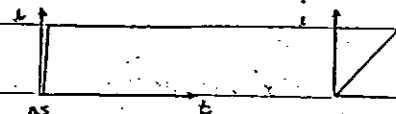
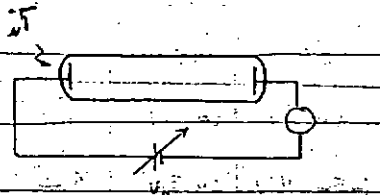
۱-۱۲) مدت زمان دور نامزد AC را محاسبه کنید. نامزدان را به نام B و C بنویسید.

اثر فتوالیتریک

خاصیت تبدیل انرژی نورانی به الکتریکی



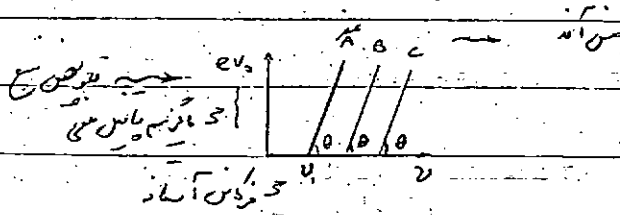
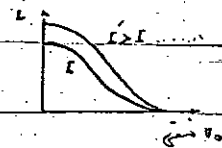
$$E_a \approx 2-5 \text{ eV}$$



$$I = \frac{dW}{dt} \quad \text{A}$$

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \geq eV_0$$

انرژی الکترون
اولین بار دارد



چون در مورد آلی بودن پدیده فتوالیتریک اگر فرض کنیم (از فرکانس محاسبه در فرکانس آبی) - الکترون در اثر نور پدید می آید
اگر نور پدید می آید در فرکانس آبی، پس در فرکانس آبی پدید می آید و آن پدید می آید

تفسیر فتوالیتریک از دیدگاه کوانتومی

فردان است تمام فوتون و هر فوتون دارای انرژی است $E = h\nu = h\frac{c}{\lambda}$ ، بنابراین نورها ممکن است فوتون
مختلف داشته باشد. وقتی نور ضعیف خورد، هر فوتون باید الکترون را برانگیزد. اگر انرژی فوتون، بیشتر از انرژی اتصال
الکترون آزاد می شود.

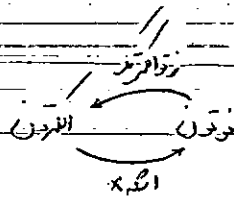
بنابراین با این فرضیه، پدیده آبی است.

در مورد فوتون (نور) هیچ تعداد فوتون در آن نمی گذارد. انرژی فوتون

محاسبه می شود. با این فرضیه، چون انرژی فوتون بیشتر می گذارد، ممکن است یک فوتون $E < E_0$ را آزاد کند.

$$eV_0 = h\nu - h\nu_0 \rightarrow h\nu - h\nu_0 = eV_0 = \frac{1}{2} m v^2$$

توانی که از انرژی اتصال
انرژی فوتون



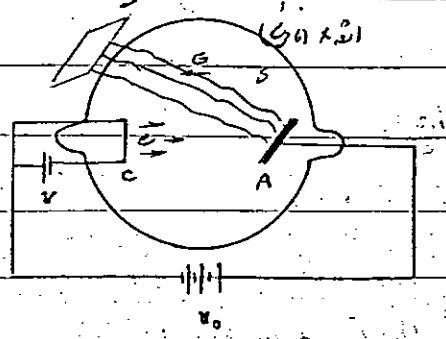
موج نور ماده (فوتون و الکترون) -

کمیته ذره لیزر نور

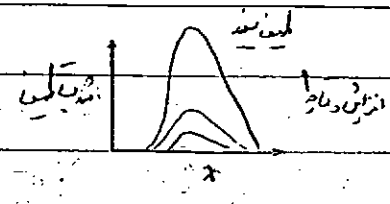
۱- فوتو الکتریک

۲- اثر پل

نور و دمایز (میکرو مکانیک)



$$K = eV_0$$



انرژی فوتون

$$K_1 - K_2 = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

(تأثیر فوتو)

$$K_2 = 0 \Rightarrow eV_0 = \frac{hc}{\lambda_{min}} = h\nu_{max}$$

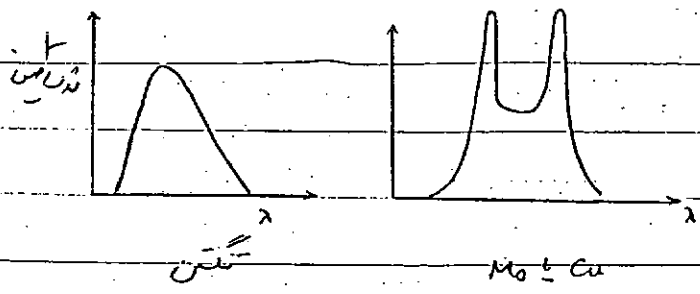
$$\Rightarrow \lambda_{min} = \frac{hc}{eV_0} = \frac{6.63 \times 10^{-24} \times 3 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} V_0} = \frac{12.4 \times 10^{-7}}{V_0} = 0.3 \text{ A}^\circ$$

$V_0 \approx 40 \text{ (kv)}$

$$E_3 > E_2 > E_1$$



$$E_3 - E_1 = \Delta E \Rightarrow \text{فوتون}$$



پایه: ۶.۵، ۴.۵، ۲.۵

(۷۸, ۸, ۲۴)

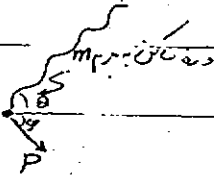
Compton effect

پدیده کامپتون

در این پدیده، فوتون کبریت از انرژی خود را به الکترون می‌دهد.

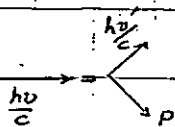
$$E_{ph} = h\nu$$

$$P_{ph} = \frac{h\nu}{c}$$



$$h\nu - h\nu' = K$$

انرژی پدیده



$$\begin{cases} \frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} \cos \theta + P \cos \varphi \\ \frac{h\nu'}{c} \sin \theta = P \sin \varphi \end{cases}$$

اصل بقای انرژی و حرکت

$$P^2 c^2 = (h\nu)^2 + (h\nu')^2 - 2(h\nu)(h\nu') \cos \theta \quad (1)$$

$$\begin{cases} E^2 = E_0^2 + P^2 c^2 \\ E = E_0 + K \Rightarrow E^2 = E_0^2 + K^2 + 2E_0 K \Rightarrow P^2 c^2 = (h\nu)^2 + (h\nu')^2 - 2(h\nu)(h\nu') + 2M_0 c^2 (h\nu - h\nu') \end{cases}$$

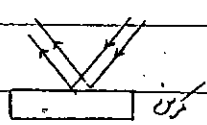
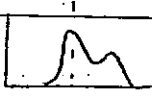
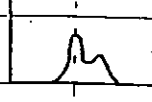
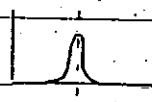
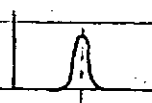
$$h\nu(h\nu') [1 - \cos \theta] = M_0 c^2 (h\nu - h\nu')$$

$$1 - \cos \theta = M_0 c^2 \frac{h\nu - h\nu'}{(h\nu)(h\nu')} = M_0 c^2 \left(\frac{1}{h\nu'} - \frac{1}{h\nu} \right) = \frac{M_0 c}{h} \left(\frac{c}{\nu'} - \frac{c}{\nu} \right)$$

$$\Rightarrow \lambda' - \lambda = \frac{h}{M_0 c} (1 - \cos \theta)$$

$$\lambda_c = \frac{h}{M_0 c}$$

$$\lambda_c = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8} = 0.0224 \text{ \AA}$$



در این پدیده، فوتون کبریت از انرژی خود را به الکترون می‌دهد. در این پدیده، فوتون کبریت از انرژی خود را به الکترون می‌دهد.

در این پدیده، فوتون کبریت از انرژی خود را به الکترون می‌دهد. در این پدیده، فوتون کبریت از انرژی خود را به الکترون می‌دهد.

فوتون کبریت

بند دوم: تولید زوج (جفت) و انحلال جفت

$$h\nu \rightarrow m_0c^2 + K$$

تولید فوتون + جرم

$$[m_0c^2] = 0.51 \text{ MeV}$$

اما تولید الکترون، این اشکال را ایجاد دارد که فوتون باید مقدار، اما الکترون باید در پس اصل فضای بار الکتریکی تعین

می شود.

دیوارک در میدان نظریه فرض کرده همراه الکترون باید ذره ای با بار مثبت بنام پوزیترون وجود آید.

$$h\nu \rightarrow (m_0c^2 + K)^{-e} + (m_0c^2 + K)^{+e}$$

از هم این اشکال بوجود می آید که اندازه حرکت از دو ناحیه انرژی کمتری مرکز جرم است، و در حالی که در فوتون

همواره c است، پس اصل فضای بار اندازه حرکت تعین می شود.

در رنج این اشکال، فوتون خود بخود در پس جرم نمی تواند ظاهر شود، جرم سنگین بخود با اندازه حرکت آن

بسم سنگین تعین شود.

$$\frac{hc}{\lambda} = 2 \times 0.51 \text{ MeV} \Rightarrow \lambda = 0.012 \text{ \AA}$$

انرژی δ

$$\Rightarrow \delta \rightarrow e^- + e^+$$

تولید ذرات یکاری

$$e^- \rightarrow e^+$$

برای هر ذره ای، یک پارتیزه وجود دارد.

$$p^+ \rightarrow p^-$$

$$N \rightarrow \bar{N} \quad (\text{عکس اینی})$$

ضد ذرات متولد می شوند یا پدید می آیند.

در پس عمل تولید، یعنی عمل نابودی جفت، یک ذره و پارتیزه باید تولید شود و فوتون با جرم m_0 همان ابتدا با اصل فضای

اندازه حرکت تعین شود.

ذوق و گرایش

دستی فواید و دربروی حادیم و از این رو چون برعکس پیرای کند، جیس (۷) پیرای کند

مایل ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴

۷۸، ۸، ۲۹

$$\begin{cases} p = \frac{h}{\lambda} \\ E = h\nu \end{cases}$$

امواج الکترومغناطیسی
۱. رفتار موجی
۲. رفتار ذره‌ای

امواج مادی (امواج دور در)

طبق نظریه دور در، هر ذره با اندازه حرکت $P = mv$ دارای موج را همراهی است.
 $\lambda = \frac{h}{p}$
Pilot Wave

$$K = eV$$

درست درجه، لغزش هستی یک الکترون تصویر

برای مثال، الکترون در ولتاژ 100^v تاب‌گرفته است و برای 100 eV انرژی است و چون در $[M_0 c^2]$ است کم است.

$$K = 100 \text{ eV} = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{p^2}{2m} \Rightarrow P = \sqrt{2mK}$$

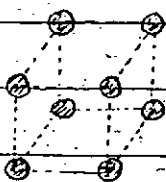
$$\Rightarrow \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mK}} = 1.2 \text{ \AA} \rightarrow \text{X-Ray}$$

گامبرد است X

بجای در تئوری ساختار بلور و علم بلورشنی (کریستالوگرافی)

Body Center Cubic

Simple Cubic



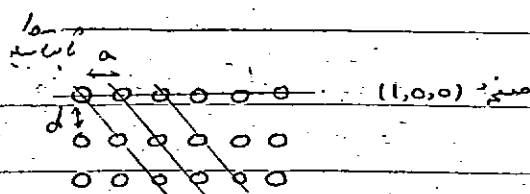
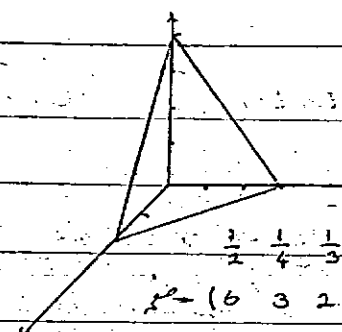
در مرکز این ملک نیز یک اتم وجود دارد.

Face Center Cubic در وسط هر سطح نیز یک اتم وجود داشته باشد

* این می شود که شکل مورد نیاز برای صورتی خاص را هم قرار گرفته باشد.

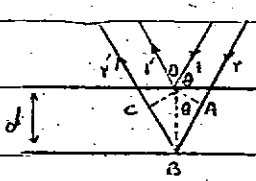
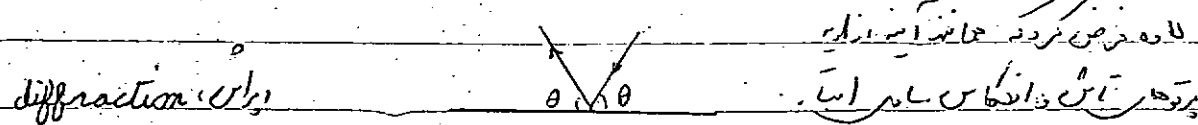
* همی از عامر چند ساختار هندسه. مثلاً آهن تا 900°C صورت F.C.C. و در آن صورت B.C.C. است.

بر همین اساس می توان بر اساس شکل زیر ترین کنیم.



برای مثال می توان برابر طول ترسیم کرد.
 محل برخورد می توانی را با یکدیگر در کوچکترین عددی که است می جمع کردن و آن را در صورتی می توانی آن
 ترسیم کرد. هر چه ازین می خواهم باشد، نام تر هستند.

* زمان که پرتوها از یک سطح یکدیگر می آیند، سطحی می شود که در سطحی نیز شکل می شود.



* اگر اختلاف راه دو پرتو زیاد، مغرب از باشد، دو پرتو
 یکدیگر را تقویت می کنند.

$$ABC = \Delta = n\lambda$$

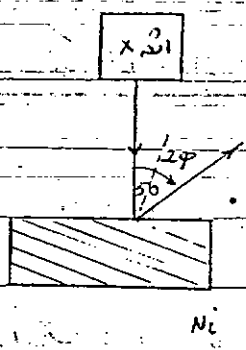
$$2d \sin \theta = n\lambda \quad (\text{مافون برابر})$$

مثلاً $n = 1, 2, 3$ حد اکثر ۳ است. d و λ باید حدوداً باشد. $d \leq \frac{\lambda}{2}$

مربط است به این که اگر این است که باید طول موج آن در حدود فاصله ای باشد. پس عددی است که از آن x است و ددی شود.

$$d = \frac{a}{\sqrt{h^2 + l^2 + k^2}}$$

آرین دیوین و غیر



$$2d \sin \theta = n \lambda$$

$$d \sin 2\phi = n \lambda, \quad \lambda = 1.65 \text{ \AA}$$

$$a = 2.5 \text{ \AA}$$

تجربه شان دلو در detector را در میانه قرار دهیم که $2\phi = 50^\circ$ شود. تا از حدی که

بکار می آید. یک منبع پرتو کیهانی الکترون قرار دارد که $K = eV$ را از حدی که الکترون
 در آن تیز دارند، مشاهده می کند. الکترون را می بینیم، در جهات مختلف پراکنده می شوند. لایه $K = 54 \text{ eV}$
 عمق الکترون در حلقه و در آن همان زاویه 2ϕ جمع می شوند.

با این در شرایط خاص، الکترون را می بینیم دارد عملاً پراش الکترون در آنجا که K بکار می رود.

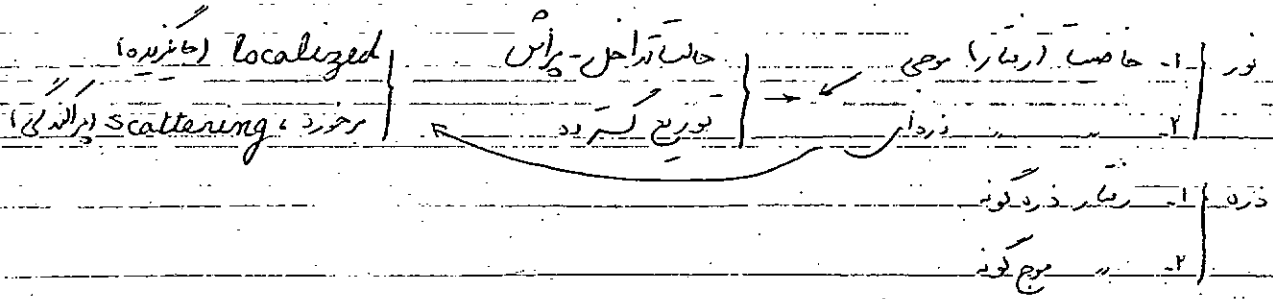
- 1) x-ray diffraction
- 2) electron
- 3) neutron

میانگین این از محمولات می آید

آنها می شود و در آن که اینها را می بینیم و در آنجا که می بینیم و در آنجا که می بینیم و در آنجا که می بینیم

تقسیم الکترون را می بینیم. $\frac{1}{2}mv^2 = K = \frac{3}{2}kT$ در آنجا که

در آنجا که K بکار می رود.



* خاصیت ترکیب موج ذره : حامل انرژی

امین کیلیت جوهر: رفتارها در موج و ذره (نور) مکتب می‌گیرند.
بدین معنی که اگر بتوان پدیده‌ها را از طریق موج بررسی و توضیح کرد، از طریق ذره این نمی‌توان آنرا توضیح داد.

خاصیت دگانه‌گی (duality) دو رفتار ساز

$$I \propto E^2 \propto B^2 \quad \text{(در موج)}$$

۵ اندیش که موافق آن اندک موج محدود می‌باشد

$$I \propto nh\nu \propto nh \frac{c}{\lambda} \quad \text{(در ذره‌وار)}$$

* میدان (الکترومغناطیسی) در نقطه‌ای کمی است که محدود آن، احتمال یافتن فوتون را در آن نقطه نشان می‌دهد.

* برعکس ذره در حال حرکت، تابع موج را به صورت زیر بنویسیم.

تابع موج: برابر هر ذره باشد، تابعی است که محدود آن احتمال یافتن ذره را نشان می‌دهد.
این تابع، هم‌افزای تابع ریاضی است و اساس گمانه‌های موج است.

$$\psi^2(x) \propto \text{احتمال یافتن ذره}$$

$$|\psi(x)|^2 dx = \text{احتمال پیدا کردن ذره در بازه dx}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 dx = 1$$

امواج دایره دوار

امواج دایره دوار

$$\frac{v}{c}$$

$$u = \lambda v = \frac{h}{p} \frac{E}{h} = \frac{Mc^2}{mv} = \frac{c^2}{v} \quad \text{نور، برزخ‌میل نیست}$$



$$\psi(x, t) = A \sin(kx - \omega t)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{عدد موج (انگاره)}$$

$$\text{if } t = \text{cte} \quad \rightarrow \quad x \quad \text{تابع برداشت نیست}$$

$$\text{if } x = \text{cte} \quad \rightarrow \quad t$$

$$\psi(x, t) = 0 \quad \rightarrow \quad kx - \omega t = n\pi \Rightarrow x = \frac{\omega}{k} t + n \frac{\pi}{k}$$

$$u = \frac{dx}{dt} = \frac{\omega}{k} \quad \text{سرعت انتقال موج}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{2\pi} k$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi}$$

$$p = \hbar k \quad (\text{ii})$$

$$E = h\nu = \frac{2\pi h\nu}{2\pi} = \hbar \omega \quad (\text{iii})$$

$$E, \text{ ii, iii} \rightarrow \frac{E}{p} = \frac{\omega}{k}$$

با این مدل می‌توانیم به خوبی توضیح دهیم که چرا امواج دایره دوار به صورت دایره می‌مانند.
 نکته: برای بررسی دیگر آنرا را امتحان کنید.

$$\begin{cases} \psi_1(x, t) = A \sin(kx - \omega t) \\ \psi_2(x, t) = A \sin[(k+dk)x - (\omega+d\omega)t] \end{cases}$$

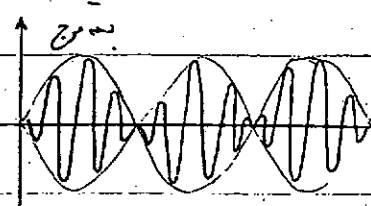
$$\psi(x, t) = \psi_1 + \psi_2 = 2A \sin\left[\frac{(2k+dk)x}{2} - \frac{(2\omega+d\omega)t}{2}\right] \cos\left[\frac{dk}{2}x - \frac{d\omega}{2}t\right]$$

if $d\omega \ll \omega$, $dk \ll k$ then:

پس می‌توانیم

$$\psi(x,t) = 2A \sin(kx - \omega t) \cos\left(\frac{dk}{2}x - \frac{d\omega}{2}t\right)$$

A'



پس این یک موج مرکب داریم که دامنه آن نیز ثابت است.

پس این یک موج مرکب داریم که دامنه آن نیز ثابت است.

$$u = \frac{d\omega}{dk} = \frac{dE}{dp}$$

$$E^2 = E_0^2 + p^2 c^2$$

$$2E dE = 2c^2 p dp$$

$$\frac{dE}{dp} = \frac{c^2 p}{E} = \frac{c^2 m v}{mc^2} = v$$

پس این، اگر موج را از دیدگاه باید اتصال کوچک در نظر بگیریم، سرعت آن را سرعت ذره می‌خواهیم.

$$v_g = v$$

سرعت فاز

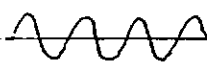
$$v_{ph} = \frac{c^2}{v}$$

سرعت فاز

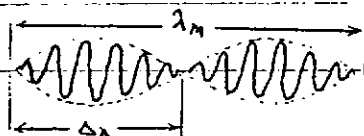
۷۸، ۹، ۱۳

اصل عدم قطعیت Uncertainty Principle

$$\begin{aligned} \Delta x &= 0 \\ \Delta p &= \infty \\ \Delta \lambda &= \infty \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \Delta p &= 0 \\ \Delta \lambda &= 0 \\ \Delta x &= \infty \end{aligned}$$



هر چه به طور دقیق‌تر می‌خواهیم بدانیم، این دو اصل به موج بستگی دارد.

$$\lambda_m = \frac{2\pi}{k_m} = \frac{2\pi}{\frac{\Delta k}{2}} = \frac{4\pi}{\Delta k}$$

$$\Delta x = \frac{\lambda_m}{2} = \frac{2\pi}{\Delta k} \quad \Delta x \cdot \Delta k = 2\pi$$

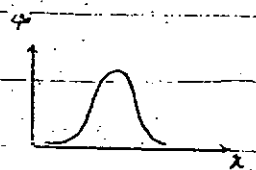
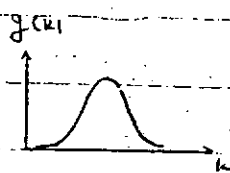
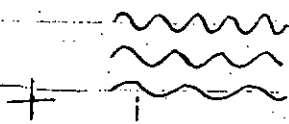
اصل عدم قطعیت: اگر دو کمیت A و B را با هم اندازه بگیریم، بدون توجه به روش، دستگاه یا اندازه گیر، حاصل ضرب خطاها، همیشه یک عدد بود.

$$P = \hbar k \rightarrow \Delta P = \hbar \Delta k$$

$$\Delta x \cdot \Delta P = h \quad \text{اصل عدم قطعیت هایزنبرگ}$$

با این برای یک ذره نمی توان هم سرعت و هم مکان را بدون خطا اندازه گیر نمود.

$$\begin{cases} \Delta x \cdot P_x = h \\ \Delta y \cdot P_y = h \\ \Delta z \cdot P_z = h \end{cases} \quad \text{یا نوشته} \quad \Delta x \cdot P_y = 0$$



$$\psi(x,t) = \int_{-\infty}^{\infty} g(k) \cos kx \, dk$$

$$\Delta k \cdot \Delta x = \frac{1}{2}$$

$$\Delta x \cdot \Delta P_x = \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta x \cdot \Delta P_x \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \quad \text{همچنین انرژی و زمان هم نمی توانند هر دو با دقت بی حد اندازه گیری شوند}$$

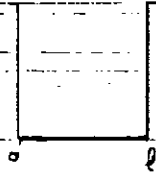
$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

$$\Delta x \cdot \Delta \lambda \geq$$

بررسی حرکت ذره در یک چاه پتانسیل نامتناهی

$F=0$ در داخل چاه

$V=0$, $0 < x < l \rightarrow \psi(x,t) \neq 0$



(potential well)

$x \geq l$ or $x \leq 0 \rightarrow V = \infty \rightarrow \psi(x,t) = 0$

با شرایط این موج را به ذره، با انرژی E باید $l = n \frac{\lambda}{2}$ باشد و بنابراین:

$l = n \frac{h}{2p}$

$p = n \frac{h}{2l}$, $E = \frac{p^2}{2m} = n^2 \left(\frac{h^2}{8ml^2} \right)$

بنی این ذره، اندازه حرکتی ندارد و بنابراین در حالتی که در این سیستم متوالی می باشد.
 منوط به آنکه ذره در این سیستم باشد.

چگالی احتمال ذره $P = |\psi(x,t)|^2$



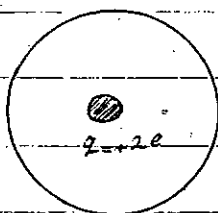
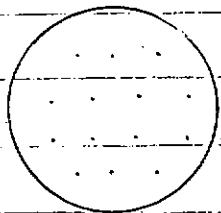
احتمال یافتن ذره در یک نقطه بیشتر است.

در حالتی که یک ذره را مشاهده می کنیم، باید در یک نقطه n باشد.

۷۸, ۹, ۲۰

مدل تامسون

مدل رادرفورد



در فضا اتمی دائم می رود

ذره یا الکترونی

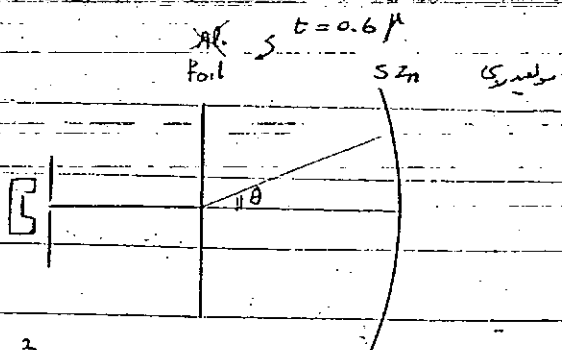
پروتون

الکترون

فوتون

$m_n = m_p + 1.10$

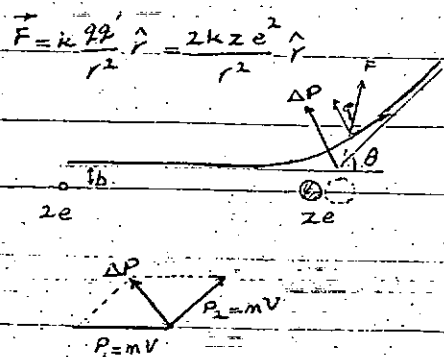
$m_e = \frac{1}{1836} m_p$



آزمایش رادرفورد

$$\alpha \rightarrow \begin{cases} K = \frac{1}{2} m v^2 = 7 \text{ MeV} \\ q = +2e \end{cases}$$

نیمه‌های ذرات با عین گذر حاصل می‌شوند، اما می‌توانند در حالت تیر در داخل مسیر خود لایه‌های سطح در حالت
بر در حالتی که می‌تواند به شکل دایره‌های خارج شود.



b = پارامتر برخورد

θ = زاویه پراکنش

$$\Delta \vec{P} = \int \vec{F} \cdot dt = 2kze^2 \int \frac{\hat{r}}{r^2} dt = 2kze^2 \int \cos \varphi dt \hat{u}_s$$

$$\vec{u} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

چون بردار F همواره در راستای خطی است و در جهت ذره است.

$$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} \Rightarrow |\vec{L}| = m r^2 \omega = \text{const}$$

این مقدار ثابت است و در تمام نقاط یکسان است.

$$m r^2 \omega = \frac{m b v_0}{\sin \theta}$$

$$|\Delta \vec{P}| = 2m v_0 \sin \frac{\theta}{2} = 2kze^2 \int \frac{\cos \varphi}{r^2} dt \frac{d\varphi}{d\varphi}$$

$$\Rightarrow m v_0 \sin \frac{\theta}{2} = \frac{kze^2}{b v_0} \int_{-\frac{(\pi-\theta)}{2}}^{\frac{(\pi-\theta)}{2}} \cos \varphi d\varphi = \frac{2kze^2}{b v_0} \cos \frac{\theta}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{\frac{1}{2} m v_0 b}{kze^2} = \cot \frac{\theta}{2} \Rightarrow b = \frac{kze^2}{K_0} \cot \frac{\theta}{2}$$

$$b=0 \rightarrow \theta=\pi$$

$$b=7 \rightarrow \theta=\frac{\pi}{2} \Rightarrow b = \frac{9 \times 10^9 \times 79 \times (1.6 \times 10^{-19})^2}{7 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}} \approx 1.5 \times 10^{-4} \text{ A}$$

از برای شعاع هسته (اتم) حدود 10^{-4} اندتیم (است).

$$\sigma = \pi b^2$$



$$10^{-28} \text{ m}^2 = 1 \text{ barn}$$

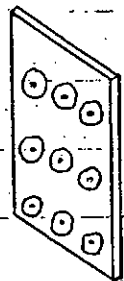
$$\sigma = 3.14 \times (1.5 \times 10^{-4})^2 = 7 \text{ barn}$$

$$10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ Fermi}$$

اگر می‌توانیم ذره را در داخل هسته این با شتاب کنیم، زاویه پراکندگی بین ۹۰ تا ۱۸۰ خواهد بود.

تعداد ابرها را حدتیم

$$t = 0.6 \mu$$



$$n = \frac{\rho N A}{M} \rightarrow (5-6) \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

$$n_{\text{Au}} = 6 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$$

$$\text{احتمال پراکندگی} = \frac{n(A t) \sigma}{A}$$

$$= 6 \times 10^{28} \times 6 \times 10^{-28} \times 7 \times 10^{-6} = 25 \times 10^{-6}$$

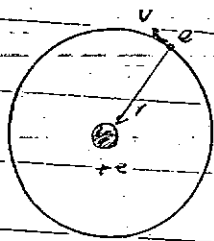
یعنی اگر یک میلیون ذره را شتاب کنیم فقط ۲۵ ذره بین ۹۰ تا ۱۸۰ پراکندگی شوند.

در اینجا فرض کنیم اگر کاملاً کنیم و هیچ نمی‌توانیم که باید در رادار مورد استفاده بستر ذرات بدون اعراض از صحنه بگذرند.

$$dN \propto \frac{d\Omega}{\sin^4 \frac{\theta}{2}} \quad \text{تعداد ذرات پراکنده}$$



$$\frac{2ke^2 Ze}{r} = \frac{1}{2} m v^2$$



$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{1}{2\pi} \frac{2\pi v}{r} = \frac{1}{2\pi} \frac{2\pi m v r}{m r^2} = \frac{1}{2\pi} \frac{2\pi m v}{m r} = \frac{v}{r}$$

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{1}{2\pi} \frac{2\pi m v}{h} = \frac{1}{2\pi} \frac{2\pi m v}{h}$$

$$F = \frac{k e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$E = \frac{1}{2} m v^2 + U$$

$$\frac{1}{2} \frac{k e^2}{r} + (-\frac{k e^2}{r})$$

$$E = -\frac{1}{2} \frac{k e^2}{r} \quad \text{سیستم پتانسیل (الکترون ثابت)}$$

شماره ۲: ۱۰, ۸, ۶, ۴, ۲

شماره ۳: ۱۳, ۱۱, ۹, ۷, ۵, ۳, ۱

۱۸, ۹, ۲۲

در حالتی که

$$v = \frac{h}{m \lambda} = \frac{1}{2\pi} \frac{2\pi m v}{h}$$

در حالتی که

در حالتی که در مدار ثابت داریم، از خود الکترون پاشی می‌کند.

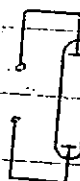
از طرفی در این حرکت دورانی، الکترون باید پاشی کند.

این الکترون باید از خود الکترون گرفته شود زیرا در این صورت،

از انرژی الکترون کم می‌شود و در انجام الکترون به حالت پایدار

نمی‌تواند این وضعیت پایدار صحیح باشد یعنی الکترون باید پاشی داشته باشد.

با صدور انرژی، الکترون در این حالت پایداری را از دست می‌دهد.



$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n \geq 3$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n \geq 2$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad n=7$$

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \quad \text{فرکانس (الکترون پاشی)}$$

مطالعه انرژی نشان داد که می‌توان از گاز هیدروژن، طیفی تشکیل داد.

طیف بالمر، یکی است.

$$\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v} = m r^2 \omega$$

$$L = n\hbar$$

نویسند Bohr: مدار چرخش الکترون در کواهیست به طوری که این در اندازه گیری را برابر آن است.
۲- مدلی که الکترون در مدار مشخصی است و تابش نمی کند. بلکه می تواند در الکترون از یک مدار بالاتر به مدار پایین تری در در تابش می کند.
 $E_2 - E_1 = h\nu$

$$\frac{ke^2}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

$$mvr = n\hbar$$

$$\left\{ \Rightarrow \frac{ke^2}{r} = m \frac{n^2 \hbar^2}{m^2 r^2} \Rightarrow r_n = n^2 \frac{\hbar^2}{mke^2} \right.$$

$$r_1 = 5.3 \times 10^{-11} \text{ m} = 0.53 \text{ \AA} \quad \rightsquigarrow \quad r_2 = 4r_1$$

$$E = -\frac{1}{2} \frac{ke^2}{r} = \frac{1}{2} \frac{ke^2 mke^2}{n^2 \hbar^2} \Rightarrow E_n = -\frac{1}{n^2} \frac{mke^4}{2\hbar^2}$$

$$E_1 = -13.6 \text{ eV}, \quad E_2 = -3.4 \text{ eV}$$

$$E_u - E_l = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

$$\frac{mke^4}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{n_l^2} - \frac{1}{n_u^2} \right) = h \frac{c}{\lambda} \quad \rightsquigarrow \quad \frac{1}{\lambda} = \frac{me^4}{8\epsilon_0 \hbar^3 c} \left(\frac{1}{n_l^2} - \frac{1}{n_u^2} \right)$$

$\downarrow$
 $= R$

$$E = E_s = 0.51 \text{ MeV} \quad \rightsquigarrow \quad \nu, \lambda = ?$$

$$E = h \frac{c}{\lambda} = 0.51 \times 10^6 \times 10^{-19} \Rightarrow \lambda = \dots, \quad P = \frac{E}{c}$$

$$8 \times 10^4 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ min}} \sim 1.94 \frac{\text{Cal}}{\text{cm}^2}, \quad \lambda = 5500 \text{ \AA}$$

$$8 \times 10^4 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ min}} = n h \nu = n h \frac{c}{\lambda} \Rightarrow n = \dots \quad \frac{1}{\text{m min}}$$

$$\cos \frac{\theta}{2} = (1 + \frac{h\nu}{m_0 c^2})^{-1/2} \cos \varphi$$

سایه ۱۲

$$\frac{h\nu}{c} = \frac{h\nu'}{c} \cos \theta + P \cos \varphi$$

$$\frac{h\nu'}{c} \sin \theta = P \sin \varphi$$

۷۸, ۹, ۲۷

آزمایش فرانک-هرتز

$$E_n = \left(\frac{1}{n^2}\right) E_1$$

$$\begin{array}{l} n=2 \\ n=1 \end{array} \quad \begin{array}{c} \downarrow 10.2 = h\nu \\ \hline \end{array} \quad \begin{array}{l} E_2 = -3.4 \text{ (ev)} \\ E_1 = -13.6 \text{ (ev)} \end{array}$$

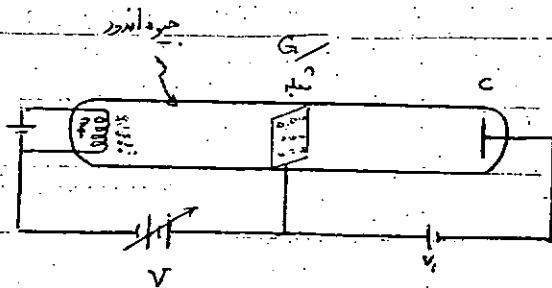
* در برخورد دودرده، هنگامی انتقال انرژی از اتم میسر می‌گردد و اتم به یک پرتو یونان می‌گردد.

در تئوری محلی و برای انتقال انرژی بین مدارها وجود دارد.

$$K \gg \Delta E$$

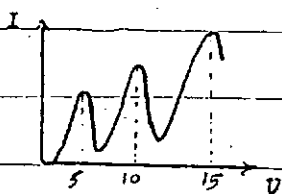
۱- برخورد با ذرات (الکترون)

۲- برخورد یون با اتم



$$K = eV$$

برای اتم جیوه تغییر می‌کند.



$$\Delta E_{2p-1s} = 4.9 \text{ (ev)}$$

در نهایت، اتم‌ها از حالت پراکنده به حالت پراکنده می‌گردند و اتم‌ها به حالت پراکنده می‌گردند.

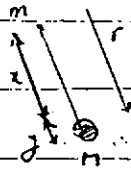
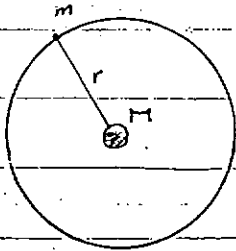
این آزمایش، الکترون را به یک دایره در اطراف هسته ای است.

تصویر مدار بور

الکترون در مدار بور دارد است.

اندازه حرکت باور نسبت به مرکز هسته میخورد بود.

نرخا الکترون



$$L = m r^2 \omega = n h$$

$$m^2 \omega + M^2 \omega = n h$$

$$\omega (m \frac{M^2}{(M+m)^2} r^2 + M \frac{m^2}{(M+m)^2} r^2) = n h$$

$$\frac{\omega M m r^2}{M+m} = n h$$

reduced mass $\mu = \frac{M m}{M+m} \Rightarrow \frac{1}{\mu} = \frac{1}{M} + \frac{1}{m}$
(جرم کاهش)

$$L = \mu r^2 \omega = n h$$

$$\left(\frac{m e^4}{8 \epsilon_0 h^2} \right) \left(\frac{1}{n_l^2} - \frac{1}{n_u^2} \right) = h \nu \Rightarrow \nu = \alpha \left(\frac{1}{n_l^2} - \frac{1}{n_u^2} \right)$$

$$n_l \gg n_u \Rightarrow n_u = n_l + 1 \rightsquigarrow \alpha \left(\frac{1}{n_l^2} - \frac{1}{(n_l+1)^2} \right) = \nu$$

$$\Rightarrow \nu = \alpha \left(\frac{2}{n^3} \right) = \frac{m e^4}{4 \epsilon_0 h^3} \frac{1}{n^3}$$

اصل میخورد ای: $r_n = \frac{n^2 h^2}{m k e^2}$, $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k e^2}{m r^3}}$ (فرکانس)

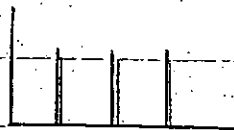
$$\Rightarrow f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k e^2 m k e^2}{m n^3 h^6}} = \frac{1}{2\pi} \frac{k e^2 m}{h^3 n^3} = \nu$$

اما جاتوں و صفات تحریر ہو کر

دستی التدریجی شریک می شود به لایه های سطحی از مجاری ورودی در هنگام برکت بدام لایه های برنجی میزداید و می تواند سطحی را چگونگی

این میل فعلاً برابر آنکارا است. در ضمن اصول دور با اصل عدم قطعیت سازگار ندارد زیرا الزاماً

اگر میں عالم قدس بن گیا، (۱) (۱۵۷۲ء) میں بھی نور زریں حریک از حقوق میں، بلکہ حقوق



fine structure (164)

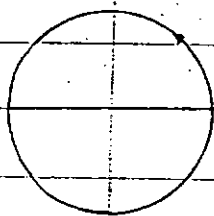
بر سر بن این اشکالات دل جدیدی نام دل زود بطلد مطرح شده در آن، مدار الکتریکون الزاماً را بر دل

سوال : فصل ۵ :- 5, 7, 9, 13, 15

$$v_A, i_A, \Sigma$$

کتابخانه کتب خطی و نثری

$$\oint p_g \cdot dq = n_g h$$



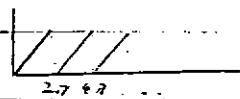
$$\oint \vec{p}_\theta d\theta = n \hbar$$

$$L \oint d\theta = n_{\theta} h$$

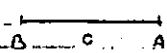
$$2\pi L = n\lambda$$

$$\oint p_r dr = n_r h \Rightarrow n_r = 0$$

$P_g = -L$ - اندازه حرکت زاویه ای



برابر در زمان



$$x = x_0 \sin \omega t$$

$$dx = x_0 \omega \cos \omega t dt$$

$$\oint P_x dx = n_x h \Rightarrow m x_0^2 \omega^2 \int_0^{2\pi/\omega} \cos^2 \omega t dt = n h$$

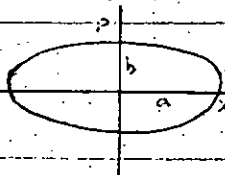
$$\Rightarrow \frac{m x_0^2 \omega^2 \pi}{\omega} = n h$$

در زمان
از نظر پوانته

$$E = K + U = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} k x^2 \Rightarrow \begin{cases} E = \left(\frac{p^2}{2m} \right)_{\max} = \frac{m x_0^2 \omega^2}{2} \\ u = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow E = n h \omega = n h \nu$$

$$E = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} k x^2 \Rightarrow \frac{x^2}{\frac{2E}{k}} + \frac{p^2}{2mE} = 1 \quad (\text{معادله بیضی})$$



$$a = \sqrt{\frac{2E}{k}}, \quad b = \sqrt{\frac{2mE}{k}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\oint P dx = n h \Rightarrow \pi a b = n h \Rightarrow \frac{\pi 2E}{\omega} = n h$$

معادله بیضی

مگر این معادله این معادله h را نشان می‌دهد.

این از اشیاء مدل بود، اما جایز بود. اکنون این فرضیه را می‌توانیم در آن صورت یک معادله دیگر بنویسیم که آن را قرار می‌دهیم.

$$\begin{cases} \oint P_\phi d\phi = n_\phi h \Rightarrow L = n_\phi h & n_\phi = 1, 2, 3, \dots \text{ عدد کوانتومی زاویه (نسبی)} \\ \oint P_r dr = n_r h & n_r = 0, 1, 2, 3, \dots \text{ عدد کوانتومی شعاعی} \end{cases}$$

تایید

$$E_n = \frac{1}{n^2} (E_1), \quad n = n_\phi + n_r$$

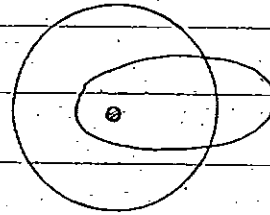
$$L\left(\frac{a}{b} - 1\right) = n_r h$$

در سیم دایره ای، سرعت حرکت الکترون در مدار a باشد. با استفاده از این معادله، مقدار a را برای $n=1$ و $n=2$ محاسبه کنید.

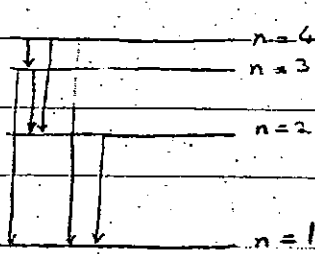
$$\omega = \sqrt{\frac{ke^2}{mr^3}}, \quad v = r\omega \rightarrow \frac{v}{c} = 10^{-2}$$

$$n=1 \rightarrow \begin{cases} n_\theta = 1 \\ n_r = 0 \end{cases} \rightarrow \text{سیم دایره ای}$$

$$n=2 \rightarrow \begin{cases} n_\theta = 2 \\ n_r = 0 \end{cases} \rightarrow \text{سیم دایره ای} \\ \begin{cases} n_\theta = 1 \\ n_r = 1 \end{cases} \rightarrow \text{سیم بیضی}$$



با این روش، الکترون در مدار n می‌ماند و n به معنی خواص مدار است.



الف) 6 خطی

۳۵-۵

ب)

4	→	3	)	400
3	→	2	)	200
3	→	1	)	200
4	→	2	)	400
2	→	1	)	400 + 200
4	→	1	)	400

است. هر دو از آن، یک طول موج دارند.

2200 فوتون

۳۶-۵ الف) باید دمای آن را طوری تنظیم کنیم که R دمای آن طول شود.

ب) $R = 0.53 \text{ Å}$

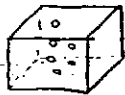
$$U = -\frac{KqQ}{r}$$

۳۷-۵ انرژی جنبشی باید با انرژی پتانسیل برابر باشد.

$$R = \frac{h^2}{2m_e e^2}$$

$$K_i = \frac{1}{2} m v_0^2$$

انرژی جنبشی اولیه



$$\text{احتمال} = n \delta A \delta t$$

(۲۱-۵)

شعاع طولها $b \rightarrow$

$$(\text{احتمال متناظر})^2 \quad \text{ب.}$$

مکان فصل ۵ ۲۷، ۳۶

فصل ۴، ۲۰، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۱۶، ۱۱، ۱۲، ۱۳

فصل ۲، ۳۴

۷۸، ۱۰، ۱۳

شادله شرودینگر

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

$$\psi(x, t) = \varphi(t) \cdot \psi(x)$$

تابع پائین

$$\hbar \frac{\partial \psi(x, t)}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi(x, t)}{\partial x^2} + V(x, t) \psi(x, t)$$

برابر دین می شود:

برابر دین می شود به عدد ۳ بار منفرجه

$$\left. \begin{array}{l} \text{تابع پائین} \\ \text{تابع بالا} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \frac{1}{2} k x^2 \rightarrow \text{برابر دین} \\ \hbar \frac{\partial \psi}{\partial x} \rightarrow \text{برابر دین} \end{array}$$

برابر دین می شود، از دین شلیک است و دین می شود داریم

تابع موج

دین موج

$$\psi(x, t) = \varphi(t) \cdot \psi(x)$$

$$\varphi(t) = e^{\frac{-iEt}{\hbar}}$$

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V) \psi = 0$$

$$\vec{F} = -\nabla V$$

تابع موج باید در این شرایط برآید:

- ۱- پیوسته باشد.
- ۲- یک مقدار باشد.
- ۳- متناهی باشد.

این شرایط را سن تابع موج برآید داشته باشد.

در زیر مسائل مشابه برای تابع موج را در دوره تعداد تابع گویند.

در مسائل مشابه در دفتر

$V=0$ ، $V \neq 0$ ، V نیزی اثر نمی کند

دوره اثر که نیزی در آن می باشد در آن صورت است $V=0$ دوره آزاد

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0$$

برای $V=0$ ، $\psi(x) = A e^{ikx}$ ، $k = \sqrt{2mE}$

برای $V \neq 0$ ، $\psi(x) = A e^{ikx} + B e^{-ikx}$

دارند

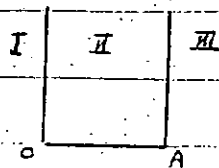
نرمالیزه کردن تابع موج

$$\int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx = 1 \quad \rightarrow \quad \int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 dx = 1$$

با حالت دیگر

$$A^2 \int_{-\infty}^{+\infty} dx = 1 \quad \rightarrow \quad A=0$$

نرمالیزه کردن تابع موج



$$V(x) = \begin{cases} 0 & 0 < x < l \\ \infty & x \geq l, x \leq 0 \end{cases}$$

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V) \psi = 0$$

در مناطق I و III عملاً و منطقاً داریم $\psi(x) = 0$

در منطقه II

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0$$

شکل تابع موج در این حالت باید متناهی باشد

در مرزها، مقدار صفر را بگیرد.

$$\Rightarrow \psi(x) = A \sin kx + B \cos kx, \quad k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar}$$

$$\text{at } x=0 \rightarrow \psi(x)=0 \Rightarrow B=0$$

$$\text{at } x=l \rightarrow \psi(x)=0 \Rightarrow kl = n\pi \Rightarrow \psi(x) = A \sin \frac{n\pi}{l} x$$

$$\text{از پی } k = \frac{\sqrt{2mE}}{\hbar} \Rightarrow \hbar k = \sqrt{2mE} \Rightarrow p = \frac{\hbar}{2\pi} k$$

$$\Rightarrow p = \frac{nh}{2l}, \quad E = \frac{n^2 h^2}{8ml^2}$$

* بار این مقدار این می باشد که انرژی دانه از هر یک یک ذره دخی که می باشد که گفته شده است.

برای پیدا کردن دامنه فضا، از شرط نرمالیزاسیون (نرمالیزاسیون) استفاده می کنیم.

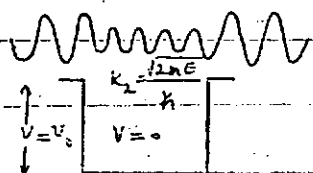
$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(x)|^2 dx = 1 \Rightarrow \int_0^l A^2 \sin^2 \frac{n\pi}{l} x dx = 1 \Rightarrow A = \sqrt{\frac{2}{l}}$$

$$\Rightarrow \psi(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{n\pi}{l} x$$

در مقایسه با حالت کلاسیکی، ما هیچ نمی خورد. دامنه فضا با طول می رسد، نسبت عین دارد بار این در حد زیادی که

$$A \rightarrow 0, \quad l \rightarrow \infty$$

$$k_1 = \frac{\sqrt{2m(E_0 - V)}}{\hbar}$$



در مورد یک چاه پتانسیل ساده، احتمال دارد ذره از چاه خارج شود.

بنابراین باید دو حالت را در نظر بگیریم:

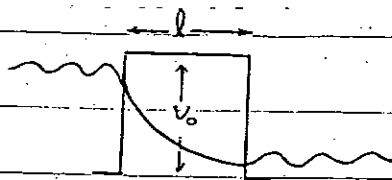
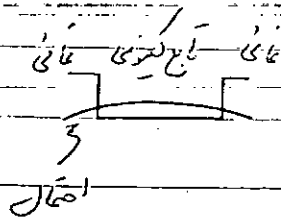
الف) انرژی مد پتانسیل > انرژی حتمی ذره

ب) $E < V_0$ در حالی که انرژی مد پتانسیل > انرژی حتمی ذره

برای حل معادلات این حالت { شرط نرمالیزاسیون
می باشد و در شرایط مرز

در سطح $V=0$ ، در حالتی که انرژی مد پتانسیل > انرژی حتمی ذره
و بار این احتمال یا شانس ذره (دانه) نیز کم است.

بنابراین اگر فرض کنیم ذره یک تار را می بیند، بر خلاف سائل یکسان است (این ذره به حاج از چاه نیز می تواند کند)



پس در طول
در این حالت نیز بر خلاف سائل یکسان است، ذره می تواند از سد پتانسیل بگذرد.

* سائل چاه پتانسیل ناهمبندی
* سائل ذره در حرکت هارمونیک دارد.

simple harmonic motion

ذره در حرکت هارمونیک

$$F = -kx, \quad V = \frac{1}{2} kx^2$$

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{1}{2} kx^2 \right) \psi = 0$$

$$\psi(x) = A e^{-\gamma x^2}$$

تایید می شود که این از معادله حل می آید و جواب درست می شود.

$$\frac{d\psi}{dx} = -2\gamma x e^{-\gamma x^2} = -2\gamma x \psi(x)$$

اکنون این جواب را در معادله قرار می دهیم.

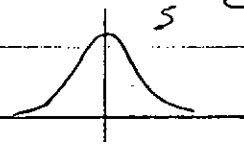
$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} = -2\gamma [-2\gamma x^2 \psi(x) + \psi(x)] = 2\gamma (2\gamma x^2 - 1) \psi(x)$$

$$\Rightarrow 2\gamma (2\gamma x^2 - 1) \psi(x) + \frac{2m}{\hbar^2} \left(E - \frac{1}{2} kx^2 \right) \psi(x) = 0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 2\gamma = \frac{2mE}{\hbar^2} \\ 4\gamma^2 = \frac{mk}{\hbar^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E = \frac{\hbar}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{\hbar}{2} \omega = \frac{1}{2} \hbar \nu \\ \gamma = \frac{m\omega}{2\hbar} \end{cases}$$

* با این فرم جواب صورت زیر خواهد بود:

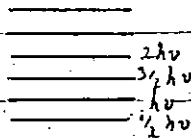
$$\psi(x) = A e^{-\frac{m\omega}{2\hbar} x^2}$$

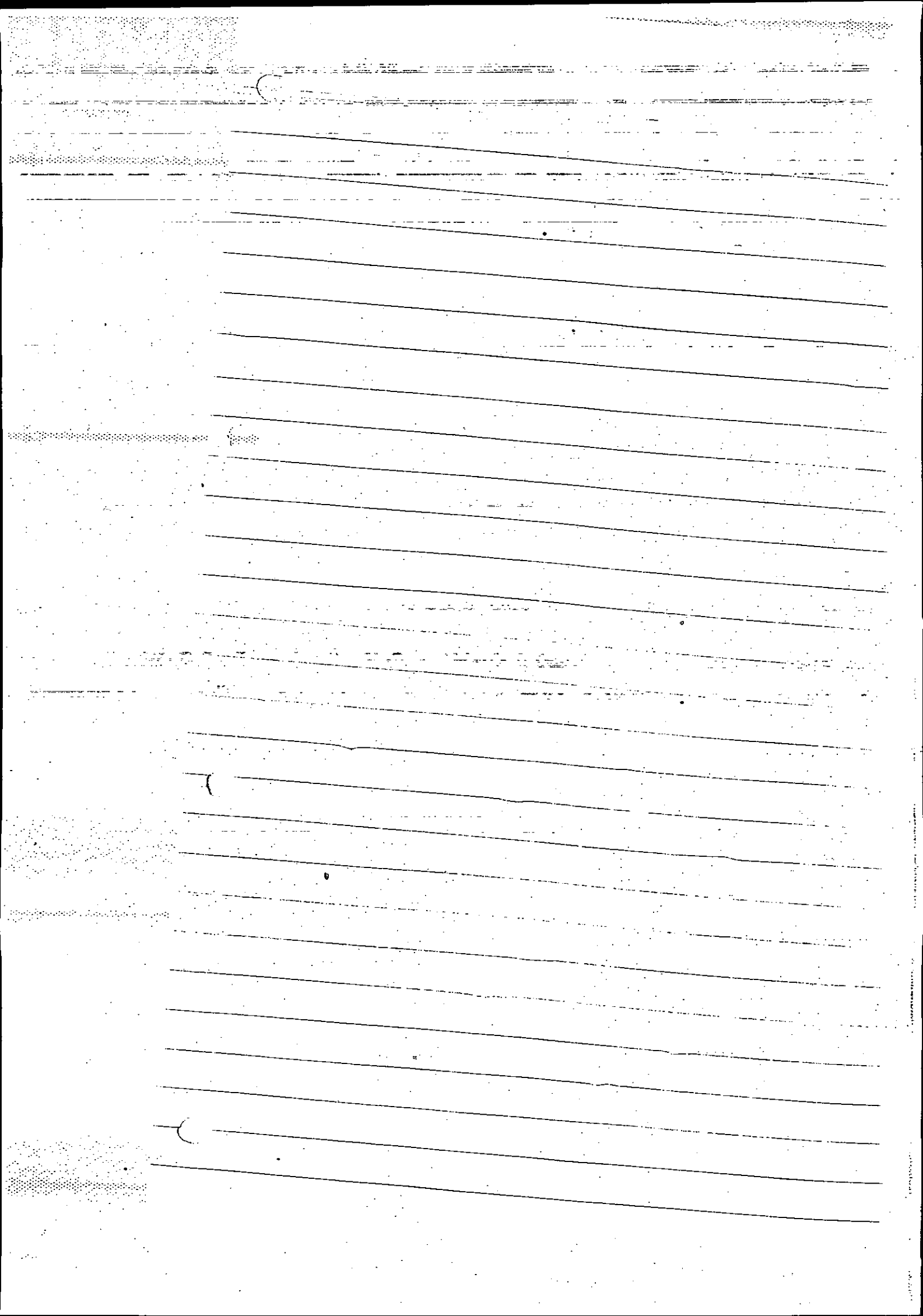


ما می‌توانیم در حالت می، رابطه انرژی صورت زیر را بنویسیم:

$$E_n = (n + \frac{1}{2}) \hbar \omega$$

و در حالت پایه (n=1) را بررسی کردیم.





با درون

$$\vec{P} + \vec{P} \rightarrow \vec{P} + \vec{P} + (\vec{P} + \vec{P})$$

(۲۶-۲)

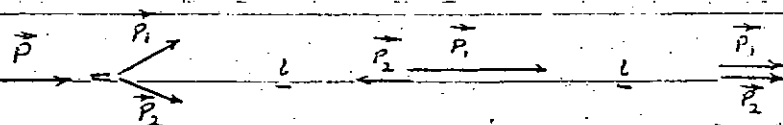
با درون تبدیل ذرات برقرار است

این عبارت را برای انرژی

در حالت ۱: $(m_0 c^2 + K) + m_0 c^2 \rightarrow 4 m_0 c^2 + K_1 + K_2 + K_3 + K_4$ (۲)

در حالت ۲: $\vec{P} + 0 \rightarrow \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \vec{P}_4$ (۳)

در حالت ۱ می بینیم رابطه برقرار است. اما در حالت ۲، باید چهار برادر P در میان آنها باشد. و هم چهار برادر K می بینیم. اما در حالت ۲، باید چهار برادر P در میان آنها باشد.



در این حالت، انرژی می بینیم است.

برای داشتن انرژی می بینیم، باید تا ذره حاصل از برخورد (در هم جفت شدن) ذرات را در میان هم باشد.

$$L \rightarrow 2 m_0 c^2 + K \rightarrow 4 m_0 c^2 + 4 K_1 \Rightarrow (8-1) m_0 c^2 = 2 m_0 c^2 + 4 (8'-1) m_0 c^2$$

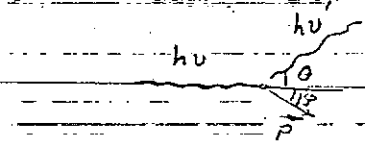
$$U \rightarrow 8 m_0 v + 0 \rightarrow 4 (8' m_0) v' \Rightarrow 8v = 4 \cdot 8' v'$$

از اینجا $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ و $v = c \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}}$

پس از آنکه اصل عبارات $\gamma = 7$ و $\gamma' = 2$

(۲۷-۳)

* سال ۲۷: سال مربوط به کشور ایران و خورشید



$$h\nu - h\nu' = K$$

(۱۷-۳)

با فرض حد اکثر K می توان فرض کرد که تمام انرژی K شود زیرا در این حد که بیشترین انرژی را می توانیم در $h\nu'$ بکار ببریم، K کمتر خواهد شد.

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta)$$

با برابر این با این سیستم چه λ است که ما می بینیم ($h\nu'$ به هم) خواهد شد.

$$1 - \cos \theta = \max \Rightarrow \cos \theta = -1 \Rightarrow \text{برخورد سر به سر}$$

$$\Rightarrow \lambda'_{\max} = \lambda + \frac{2h}{m_0 c} = \frac{\lambda m_0 c + 2h}{m_0 c}$$

$$K_{\max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = hc \left[\frac{\Delta \lambda}{\lambda \lambda'} \right] = hc \left[\frac{\frac{2h}{m_0 c}}{\lambda (\lambda + \frac{2h}{m_0 c})} \right] =$$

$$v_{ph} = \frac{\omega}{k} \Rightarrow v_g = \frac{d\omega}{dk} \Rightarrow v_g = \frac{dv}{d(\frac{1}{\lambda})} \quad (11-2)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \Rightarrow v_g = \frac{d(2\pi v)}{d(\frac{2\pi}{\lambda})}$$

$$v_{ph} = u = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

۳-۱۱۲ رابطه ریاضی

$$\omega = ku = k \left(\frac{g}{k} \right)^{1/2} = (gk)^{1/2} \Rightarrow v_g = \frac{d\omega}{dk} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{k}} = \frac{1}{2} u$$

* نشان اصل عمیق و رابطه سرعت فاز در مورد



$$r = 10^{-4} \text{ \AA}$$

$$R = A^\circ$$

(۲۶-ع)

زن نیم در الکترون بتواند در زیر پهنای حد حتماً باشد

$$\Delta P \Delta r = \frac{h}{4\pi} \rightarrow \text{اصل عدم قطعیت}$$

$$\Rightarrow \Delta P_{\min} = \frac{h}{4\pi r} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{4\pi \times 10^{-14}}$$

اندازه خطای این فرض 10^{-14}

اندازه حرکت الکترون

$$\Rightarrow P > \Delta P_{\min}$$

$$K = \frac{p^2}{2m}$$

اگر محاسبات را انجام دهیم، برآورد انرژی الکترون بسیار زیادی می‌شود و این در حالی است که برای اتم حد انرژی الکترون 13.6 eV است. بنابراین، با این فرض، اصل عدم قطعیت نقض می‌شود.

انرژی ذره در حالت پایه

$$E_n = (n^2) \left(\frac{h^2}{8m a^2} \right)$$

(۲۸-ع) 10^{23} ذره به جرم $9 \times 10^{-31} \text{ kg}$ در جعبه پاییل پاشی می‌شود

محلول جعبه 1 cm مجموعه انرژی در شبکه ذرات در صد که کمترین را برقرار قرار ذرات خود داشته باشد.

$$E_1 = (1) \frac{(6.63 \times 10^{-34})^2}{8 \times 9.1 \times 10^{-31} \times 10^{-4}}$$

$$E_0 = 10^{23} E_1$$

حل فرض نیم براس حرکت ذرات می‌تواند در ذرات پاشی می‌شود

$$E_0 = 2 \sum_{n=1}^{5 \times 10^{22}} n^2 E_1$$

در این حالت، تعداد ترازها ضرورتاً $10^{23} \div 2 = 5 \times 10^{22}$ خواهد بود

چون تعداد ذرات

$$E_0 = 2 E_1 \int n^2 dn$$

* فصل پنجم: ۲۷-۲۲-۳۵-۲۶

* فصل ششم: ۲۰، ۱۳