Общее происхождение «релятивистских» и квантовых эффектов

- «Луч» в гравитационном и кулоновском полях.
- Точные формулы для свободного движения:
  а) ошибочные предсказания СТО (примеры),
  б) уточнение эмпирической механики Ньютона,
  в) определение движения (вместо СТО).
- Эффекты в гравитационном потенциале $-\alpha/r$:
  а) замедление фотона в гравитационном поле,
  б) гравитационное смещение энергии фотона,
  в) отклонение фотона на лимбе Солнца,
  г) перигелии планетных орбит.

Фотон и релятивистский электрон в поле $U(r) = -\alpha/r$

$-U(\rho) << E = cP$, $U(r) = -GME/c^2$,   (как $m_\gamma = E/c^2$)

$\theta_\gamma = 4U(\rho)/cP$

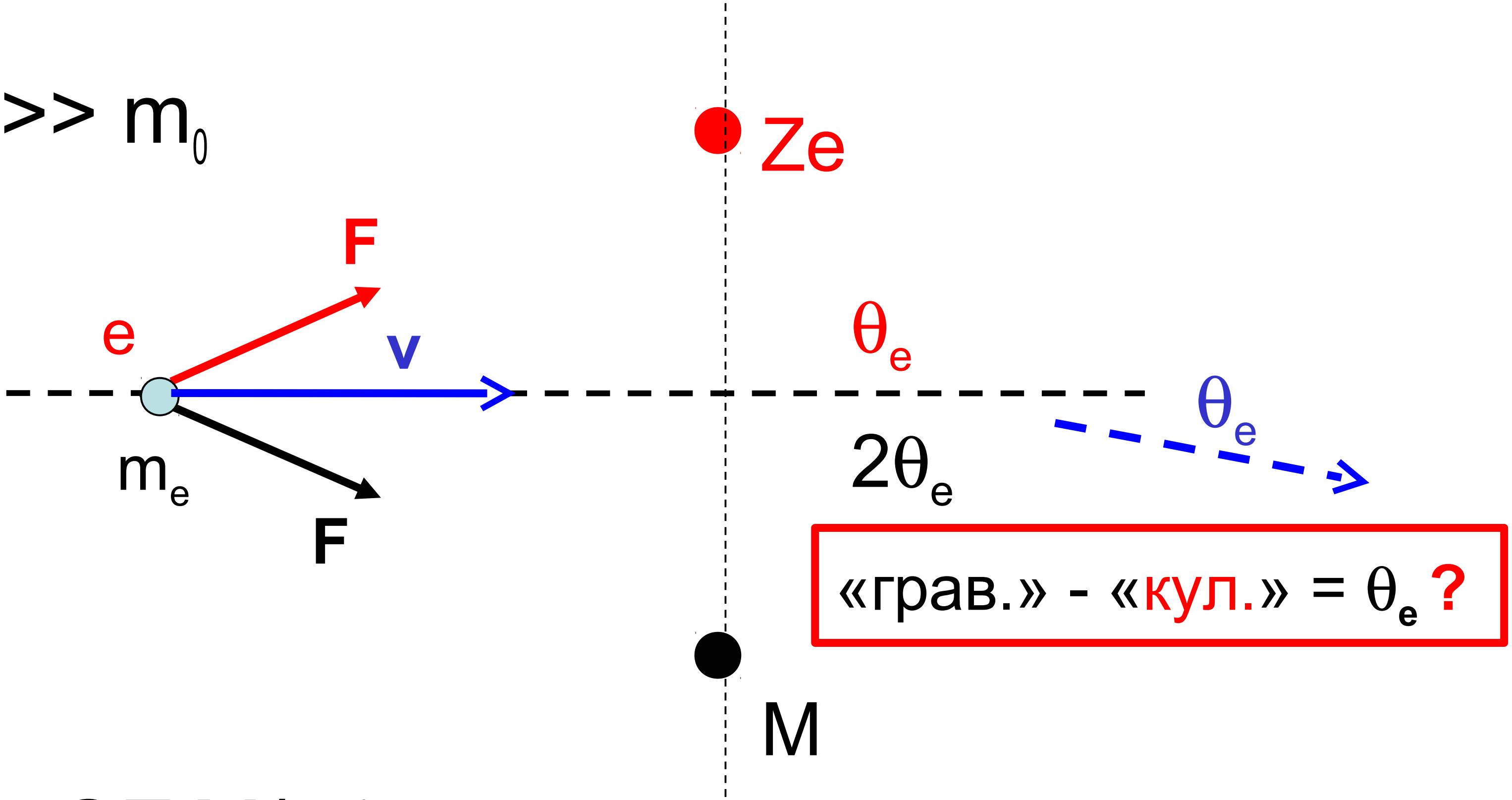
при $v_e \approx c$ $\theta_e \approx \theta_\gamma$

при $v_m << c$ и $U(\rho) << vP$: $\theta_m = 2U(\rho)/vP$

Но эл-н в $U(r) = -Ze^2/r$: $\theta_e = 2U(\rho)/vP$ и при $v \approx c$

Мысленный опыт с электроном в грав. и кул. полях

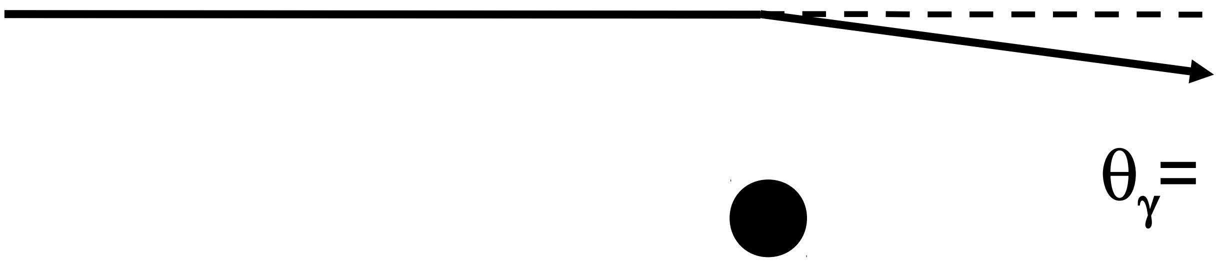
$E_e/c^2 >> m_0$



$Ze^2/r = GE_eM/rc^2$

Фотон и релятивистский электрон в поле $U(r) = -\alpha/r$

$-U(\rho) \ll E = cP$, $U(r) = -GME/c^2$, (как $m_\gamma = E/c^2$)



$\theta_\gamma = 4U(\rho)/cP$

при $v_e \approx c$ $\theta_e \approx \theta_\gamma$

Второй эффект (эксп.) --- замедление γ :

$v_\gamma = c(1 + 2\phi/c^2)$, $\phi = -GM/r$.

в ОТО: $2\theta_e(\rho)$ - результат замедления света

$ds^2 = c^2(1 - 2\phi)dt^2 - (1 + 2\phi)dr^2$, $\phi = GM/rc^2 = -U(r)/\varepsilon << 1$

$ds^2 = 0$: $(dr/dt)^2 = c^2(1 - 2\phi)/(1 + 2\phi) = c^2(1 - 4\phi)$,

$dr/dt = v \cong c(1 - 2\phi)$, $v/c = 1/n$, $n = 1+2\phi$, $\text{grad } n = 2 \text{ grad } \phi$,

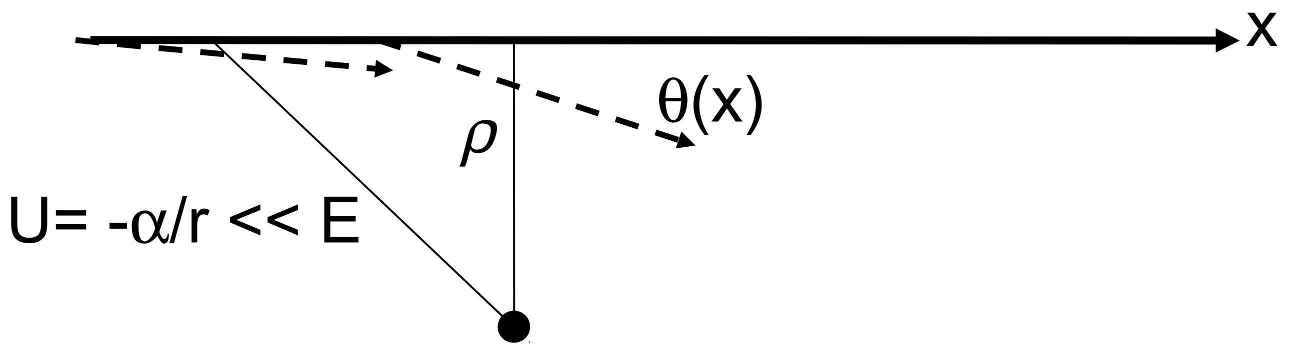
Плоский фронт волны в grad n поворачивается на $2\theta_e$,

"принцип Гюйгенса", ($v(r)$ как ω/k – "фазовая" скорость - **?**)

в ОТО: отклонение «волны» – «квантовый» эффект (?)

Отклонение частицы в небольшом потенциале $U(r) = -\alpha/r$

$d\mathbf{P} = \mathbf{F}(x)dt = \mathbf{F}(x)dx/v$



$F_y = -\alpha\rho/(x^2 + \rho^2)^{3/2}$, $dP_y(x) = F_y(x)\,dx/c$, $d\theta = dP_y/P$

$$P_y = -\frac{2\alpha}{c}\int_{-\infty}^{0}\frac{\rho\,dx}{(x^2+\rho^2)^{3/2}} = -\frac{2\alpha}{c\rho} = -\frac{2U(\rho)}{c},$$

$$\theta(\rho) = \frac{2U(\rho)}{cP} = \frac{2\alpha}{cP\rho} = \theta_0(\rho),$$

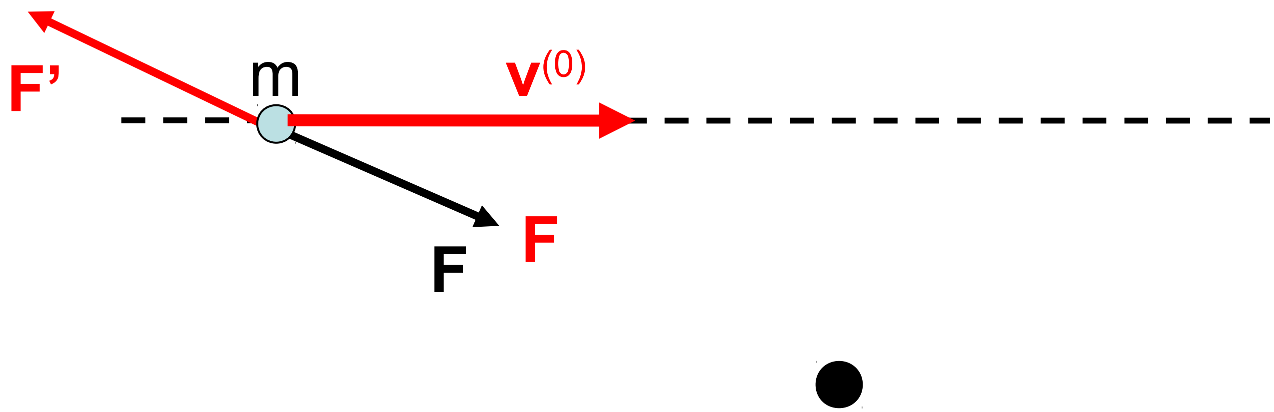
$\theta \ll 1$

для $v \ll c$ $\theta_0(\rho)$ --- Резерфорд, «кеплерова задача»

Возмущение свободного движения для $v \ll c$

Поправка I порядка:

$d\mathbf{P}^{(0)} = \mathbf{F}^{(0)}dt$ в ускоряющейся сист. K_0 , где $v^{(0)} = v^{(0)}_x = v_0$.



Ускорение системы K_0 $\quad d\mathbf{V}^{(0)} = \mathbf{F}dt/m = \mathbf{F}dx/v_0 m$,

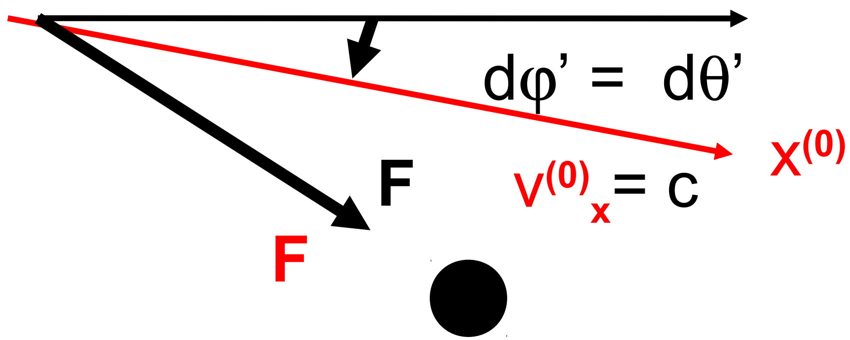
в сист. K_0 : $\mathbf{F}^{(0)} = \mathbf{F} + \mathbf{F}' = 0$, $\quad v_y = V^{(0)}_y = 1/mv$ **int { $F_y(x)dx$ }**,

$P_y = mv_y$, $\quad \theta = 2U(\rho)/vP = \theta_e$

Возмущение свободного движения при v = c

$E=cP$, $\quad v_x^2 + v_y^2 = c^2$: $v_x dv_x/dt = - v_y dv_y/dt$.

Условие $v^{(0)}_x = c$ для скорости невозмущённого движения выполняется в поворачивающейся на $d\varphi' = d\theta'$ системе координат O'



$dP^{(0)}_y = F^{(0)}_y dx/c$, $\quad d\theta' = dP^{(0)}_y/P$.

В лаб. сист. отклонение и поворот: $\theta = \theta' + \varphi' = 2\theta' = 2\theta_e$.

Равенство дифференциальных сечений $d\sigma(2\theta_e)=d\sigma(\theta_e)$

$\theta_e = 2U(\rho)/(Pv) = 2\alpha/(Pv\rho)$, $\rho = 2\alpha/(Pv\theta_e)$, $\theta_e << 1$

$d\rho = -2\alpha d\theta_e/(Pv\theta_e^2)$, $d\theta_e = d\Omega/(2\pi \mathrm{Sin}\ \theta_e)$,

$d\sigma_e(\theta_e) = 2\pi\rho d\rho = (2\alpha/Pv\theta_e)^2 2\pi d\theta_e/\theta_e =$

$(2\alpha/Pv\theta_e)^2 d\Omega/(\theta_e \mathrm{Sin}\ \theta_e) = (\mathbf{2}\alpha/Pv\theta_e)^2 d\Omega/\theta_e^2 =$

$= (\mathbf{4}\alpha/Pv\ \mathbf{2}\theta_e)^2 d\Omega'/(\mathbf{2}\theta_e)^2 = d\sigma_\gamma(2\theta_e)$,

$d\Omega' = 2\pi\ \mathrm{Sin}\ 2\theta_e d(2\theta_e) = 2\pi\ 4\theta_e^2 = 4d\Omega$

$d\sigma(\theta)$ не зависит от отклонения эл-на, $\theta_e(\rho)$ или $2\theta_e(\rho)$

$\rho' = 4\alpha/(Pv\theta)$, $d\rho' = 4\alpha d\theta/(Pv\theta^2)$, $\theta(\rho') = 2\theta_e(\rho')$,

$$d\sigma'(\theta_e) = 2\pi\rho' d\rho' = (4\alpha/Pv2\theta_e)^2 2\pi\, d(2\theta_e)/(2\theta_e) =$$

$$= (2\alpha/Pv\theta_e)^2 d\Omega/(\theta_e \mathrm{Sin}\,\theta_e) = (2\alpha/Pv)^2 d\Omega/\theta_e^4 = d\sigma(\theta_e)$$

Наблюдаемое сечение кулоновского рассеяния $d\sigma(\theta_e)$ согласуется и с отклонением θ_e, и с $2\theta_e$.

$\theta_e(\rho)$ или $2\theta_e(\rho)$? в опыте с отклонением узкого пучка электронов $E_e = 5 – 100$ МэВ в потенциале $U(\rho) \sim 100$ КэВ.

За счёт чего при v=c может появиться «удв.» отклонение?

В кеплеровой задаче инерционная (центробежная) сила

и эффективный потенциал $U_{eff}(r) = -\alpha/r + L^2/2mr^2$,

При $r' = L^2/\alpha m$ минимум $(U_{eff}(r'))^{(min)} = -\alpha/2r' = U(r')/2$.

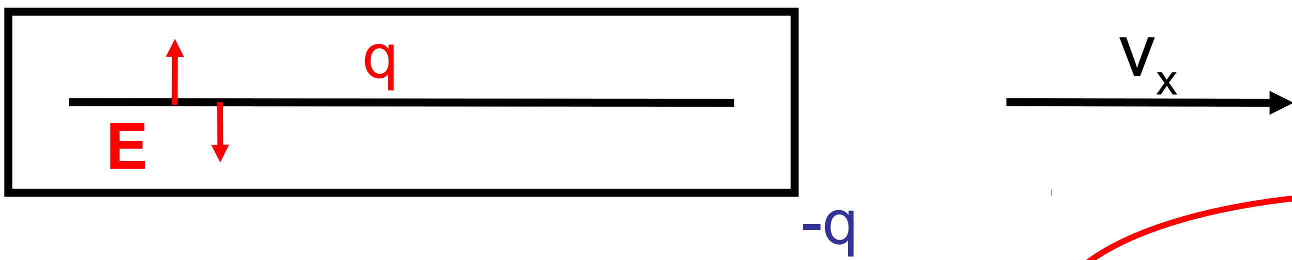
При v=c плоская волна, момент L не определён,

нет траектории, закон сохранения момента не работает,

«центробежной энергии нет, $U_{eff} = -\alpha/r$

Нарушение закона $W(v) = m_0c^2/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ в СТО

плоский конденсатор



вклад поля в энергию $W_0=1/2V_0E_0^2$, $W(v) = W_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$

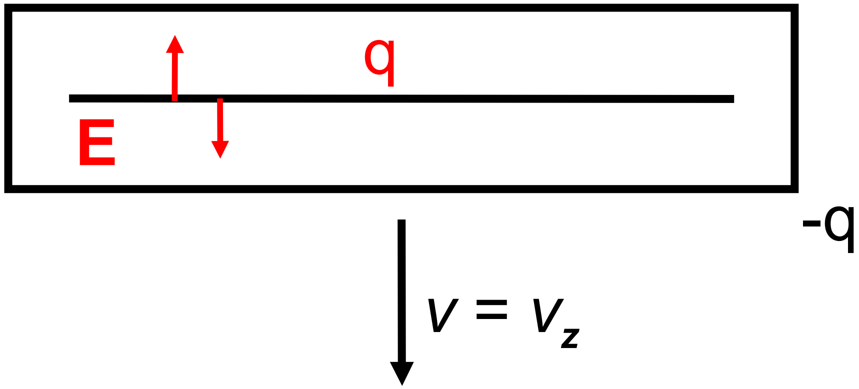
в СТО : $W = V(E^2+H^2)/2$, $V = V_0(1-v^2/c^2)^{1/2}$

$$E = E_z= E_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}, \quad H = H_y= v/c\ E_0/(1-v^2/c^2)^{1/2},$$

$$W(v) = V_0E_0^2(1+v^2/c^2)/2\ (1-v^2/c^2)^{1/2}= (1+v^2/c^2)\ W_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$$

Нарушение закона $W = m_0c^2(1-v^2/c^2)^{-1/2}$ в СТО

плоский конденсатор



$E = E_z = E_0, \quad H = 0,$

$W(v) = V_0E_0^2(1-v^2/c^2)^{1/2}/2 = W_0(1-v^2/c^2)^{1/2}$

вместо $\quad W_0(1-v^2/c^2)^{-1/2}$

выводы: СТО противоречит опыту.

преобразования Лоренца нарушают сохранение энергии,

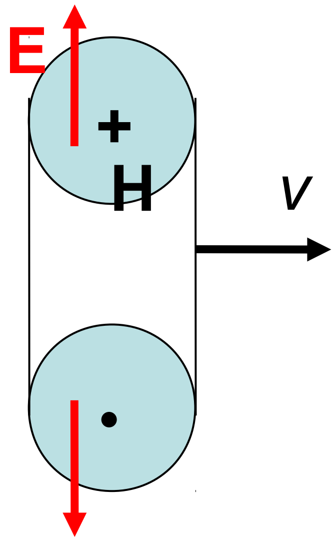
«поле» - абстрактная **возможность** взаимодействия
заряда с другими зарядами и токами,

«поле» не несёт энергию и импульс, появляется
во всём объёме «одновременно» с зарядом,

«полевые» теории описывают несуществующие вещи,
в них нарушается закон сохранения энергии,

реальны энергия и импульс взаимодействующих объектов

Энергия движущегося тороидального магнита в СТО



$W_0 = H_0^2 V_0/2$

$H_\varphi = H_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$,

$E_r = v/c\ H_\varphi/(1-v^2/c^2)^{1/2}$

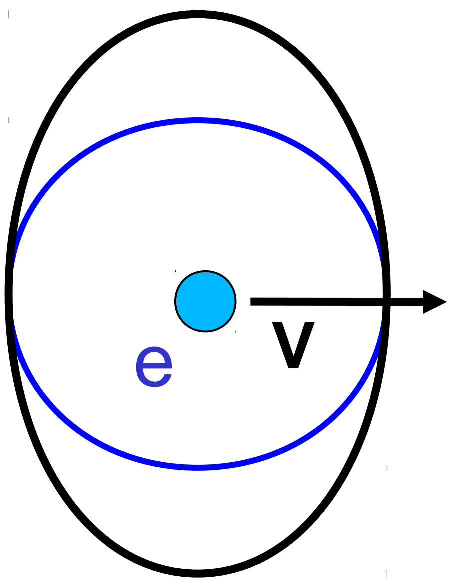
$W(v) = (E^2 + H^2)V/2 = (1 + v^2/c^2)\ H_0^2 V_0/2(1 - v^2/c^2)^{1/2} =$

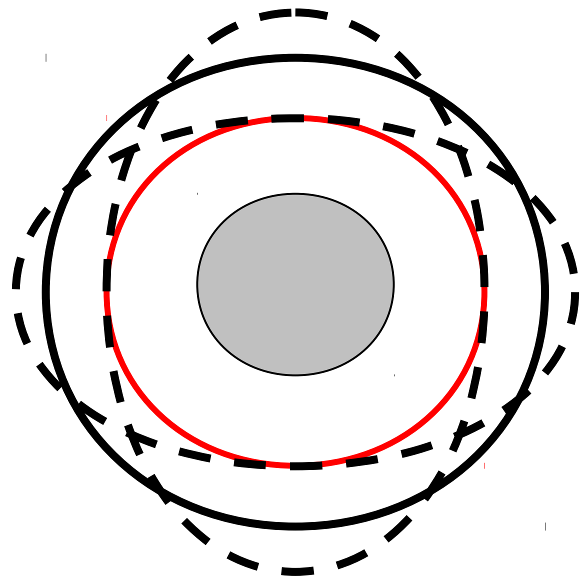
$= (1 + v^2/c^2) W_0/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$

вместо $W_0/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$

Ошибочное выражение для эл. поля движущегося заряда

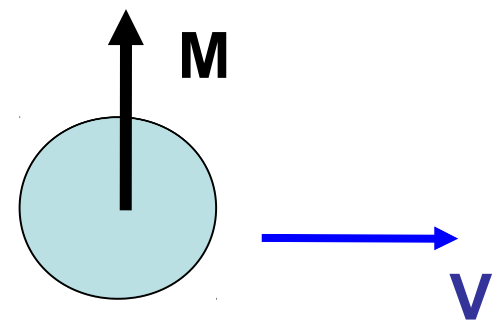
$$E_{\perp} = E^{0}_{\perp}/(1-v^2/c^2)^{1/2}, \qquad E_x = E^{0}_x$$





Несовместимость СТО   с квантовыми эффектами

$$\cancel{M_z = M^0_z/(1-v^2/c^2)^{1/2}}$$



Запрет квантования M_z или M^0_z

Поперечная компонента момента ядра $M^0_z = J\hbar$,

и наблюдаемая тоже квантована $M_z = J_z\hbar$.

Есть 2 системы координат, в каждой момент квантован.

Замедление распада движущихся частиц с $\tau_0 = \hbar/\Delta E_0$

Среднее время жизни квантового состояния $\tau = \hbar/\Delta E$

В состоянии с энергией $E = (E_0^2 + c^2P^2)^{1/2}$ частицы с ΔE_0

$$\Delta E = E_0\Delta E_0/E = \Delta E_0(1-v^2/c^2)^{1/2}, \quad \tau = \tau_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}.$$

(всё в л.с., без перехода в движущуюся систему)

Время t, «часы» - повторение законопослушных событий,

а распад – прекращение существования, из-за нарушения каких-то законов; непредсказуемые события – «квантовые»

Замедление распада движущихся частиц с $\tau_0 = \hbar/\Delta E_0$

В состоянии с энергией $E = (E_0^2 + c^2P^2)^{1/2}$ частицы с ΔE_0

$$\Delta E = E_0\Delta E_0/E = \Delta E_0(1\text{-}v^2/c^2)^{1/2}\ , \qquad \tau = \tau_0/(1\text{-}v^2/c^2)^{1/2}.$$

А если и время в движущейся частице замедляется, будет

дополнительное усиление эффекта в $1\,/(1\text{-}v^2/c^2)^{1/2}$ раз.

В квантовом состоянии в ящике с зеркальными стенками

$v = 0$ --- движения нет, а эффект $\sim v^2$ сохранится.

«Замедление часов» в гравитационном поле

Энергия покоя в потенциале U(r) $E'_0(r) = E_0 + U(r)$,

$m'_0(r) = E'_0/c^2 = m_0(1+U(r)/E_0)$ — сумма всех вкладов.

Энергии всех уровней атома $\varepsilon_k(r)$ и их разности $\Delta\varepsilon_{ik}(r)$

изменяются одинаково: $\Delta\varepsilon_{ik}(r) = \Delta\varepsilon_{ik}(1+U(r))$.

Изм. энергия и **частота** $\omega_{ik}(r) = \Delta\varepsilon_{ik}(r)/\hbar$, **а не «время».**

В пот-ле $U(r) = -\alpha/r$ уменьшаются все массы, вз. и силы.

Мех. часы : $\omega(r) = (k(r)/m'_0(r))^{1/2} = \omega_0$ - не замедляются.

Сохранение энергии и «экзотика» сильных полей

$$E = E^{(0)} + Mc^2$$

$E^{(0)}$

M

$$M' = M + E^{(0)}/c^2$$

$$\Phi(r) = \phi(r) + \phi(r) = M'/rc^2$$

$\phi(r)=E^{(0)}/rc^2$, а не $(E^{(0)}-U(r))/rc^2$

и взаимодействие $U(r)=-GE^{(0)}M/rc^2$, ~ кулоновское

Выражения для E,**P**,**v** свободного движения

$$E = \sqrt{m_0 c^4 + P^2 c^2}, \qquad \vec{P} = \vec{v} E / c^2.$$

v=**P**c²/E, **v'**=**P'**c²/E

....

$$P_y = P_y', \quad P_z = P_z', \quad P_x = \frac{P_x' + VE'/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}, \quad E = \frac{E' + VP_x'}{\sqrt{1 - V^2/c^2}},$$

....

$$v_y = \frac{v_y' \sqrt{1 - V^2/c^2}}{1 + v_x' V / c^2}, \quad v_z = \frac{v_z' \sqrt{1 - V^2/c^2}}{1 + v_x' V / c^2}, \quad v_x = \frac{v_x' + V}{1 + v_x' V / c^2}.$$

....

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}, \quad y = y', \quad z = z', \quad t = \frac{t' + Vx'/c^2}{\sqrt{1 - V^2/c^2}}$$

«Преобр.» E, P, v - связь «независимых» измерений

r’ = **r** + **V**t, но d**r’**/dt **№** d**r**/dt + **V.** (**v** = **P**c²/E)

производная d/dt (**r**) описывает «измерение» **v** ,

Н-во озн.,что результаты измерений **v** и **v’реального тела** определяются з-нами сохранения для реальных тел

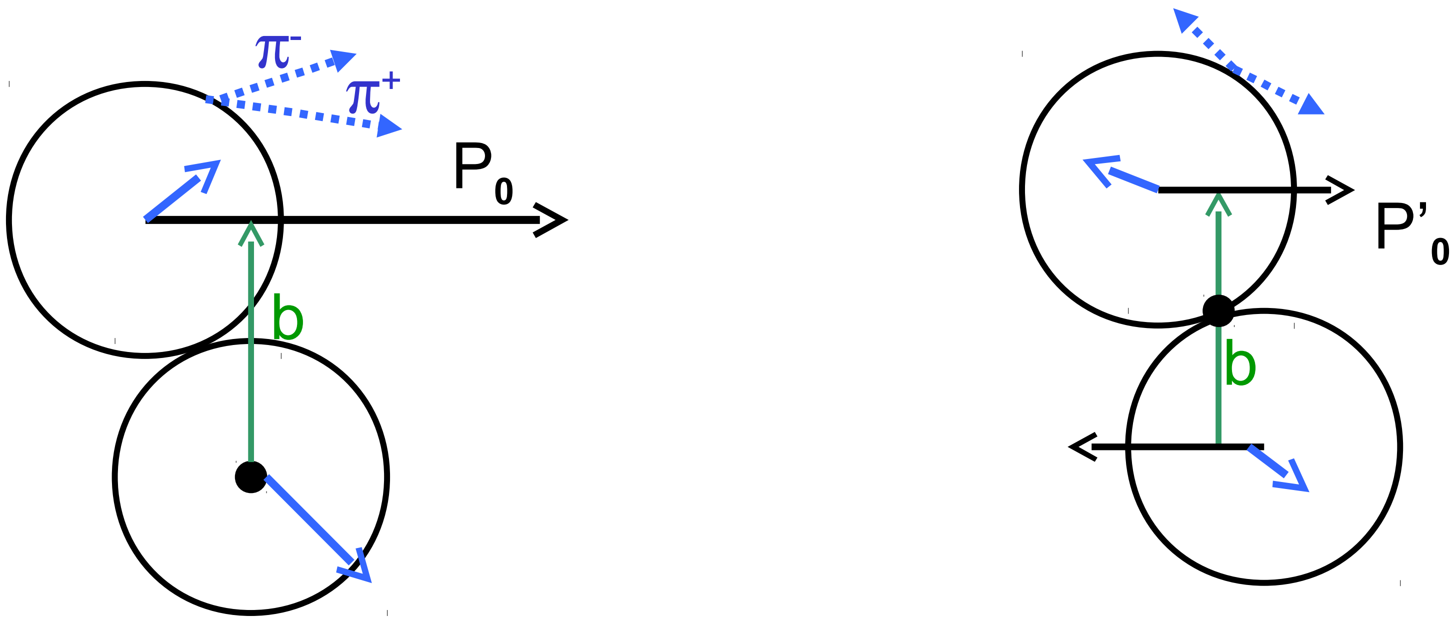
d**r’**/dt – независимый опыт в движущейся сист. K’,

E,P,v и E’,P’,v’ – в независимых опытах с одним телом

«Консенсус наблюдателей» 1 опыта или з-ны сохранения?

Все наблюдатели 1 опыта видят одинаковые «законы» ?

Опыт с мишенью и на встречных пучках (E'=E) идентичны?



Реакция   np, n'p'($\pi^+\pi^-$),   где   ($\pi^+\pi^-$) в состоянии 0^+

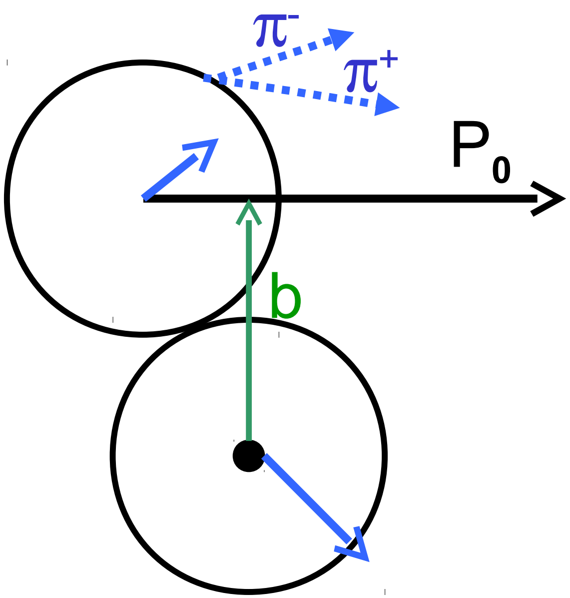
Л.с.: $L_0 = bP_0 = L_{(\pi\pi)} + L_{n'}$ (сохр.);   с.ц.и.: $L_{(\pi\pi)} + L_{n'} + L_{p'} << 2bP'_0$

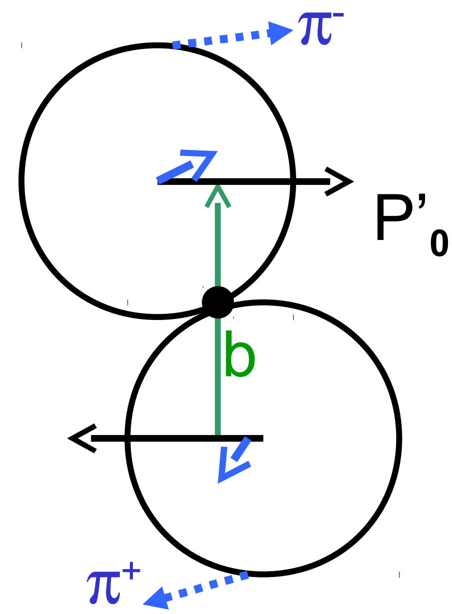
Разные «наблюдатели» 1 опыта увидят разные «законы»

Движ. (с.ц.и.)-наблюдатель видит несохранение момента.

В аналог. реакции np, n’p’($\pi^+\pi^-$) на встречных пучках (E’=E)

пара ($\pi^+\pi^-$) может быть только в отн. сост. ($L^?$) с м-том $L \sim L_0$





Опыт с мишенью

$L_0 = bP_0 = L_{(\pi\pi)} + L_{n'}$ (сохр.);

Опыт на встречных пучках

$L_0 = L_{\pi+} + L_{\pi-} + L_{n'} + L_{p'} \approx L_{\pi+} + L_{\pi-}$

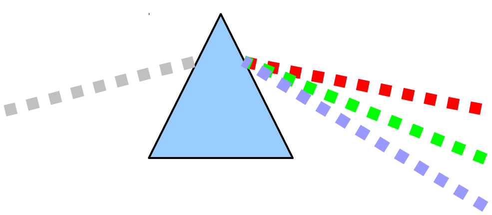
Уточнение ньютоновской механики (с «абсол.» t, $\mathbf{r}_1-\mathbf{r}_2$)

$\mathbf{P} = M\mathbf{v}$, $E = Mc^2$, $M = M_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$, ...

получим из законов сохранения энергии и импульса

$dE = (\mathbf{F}d\mathbf{s})$, $d\mathbf{P} = \mathbf{F}dt$ для движущегося излучателя

1) c ~ 220 000 км/сек (О.Рёмер, 1686).



2) Разложение белого света на составные (Ньютон, 1665-1676)
(c = c = c - из набл. Рёмера)

3) Закон сохранения энергии и импульса — XVIII век

Уточнение ньютоновской механики   (t, $\mathbf{r}_1$-$\mathbf{r}_2$)

Для «корпускул света» из $v = c = const$ (p) следует

$d\varepsilon = (Fds) = (dp\ ds/dt) = (cdp)$, $\varepsilon = cp$, «m» $= p/c = \varepsilon/c^2$

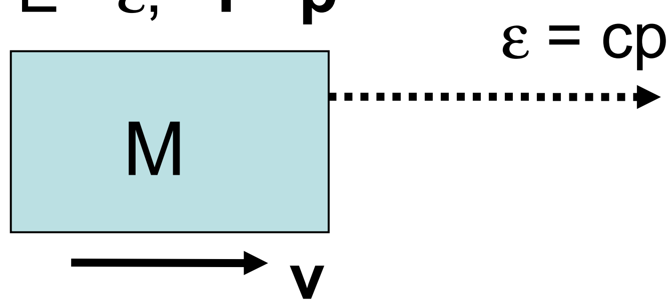
Но **P** и E движущегося. излучателя в ньют.теории не сохр.

$\mathbf{P} = M\mathbf{v}$, $E = Mc^2$, $M = M_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$, …., получим из

требования $dE = (\mathbf{Fds})$, $d\mathbf{P} = \mathbf{F}dt$ для движ. излучателя

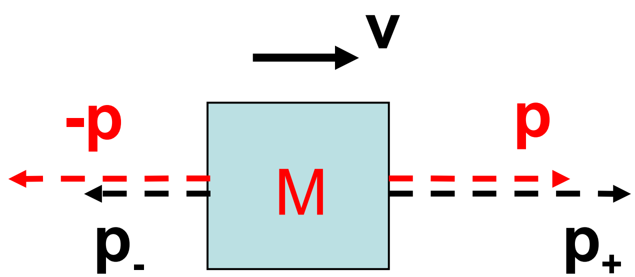
E - ε, **P**- **p**

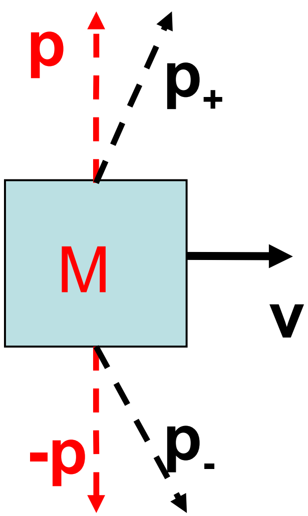
движущийся излучатель



Энергия и импульс движущегося излучателя света

$P = Mv, \quad \varepsilon = cp\,, \quad v \ll c$





$\Delta\mathbf{P} = -\mathbf{p} + \mathbf{p} = 0, \quad \mathbf{F} = 0, \quad d\mathbf{v}/dt = 0,$

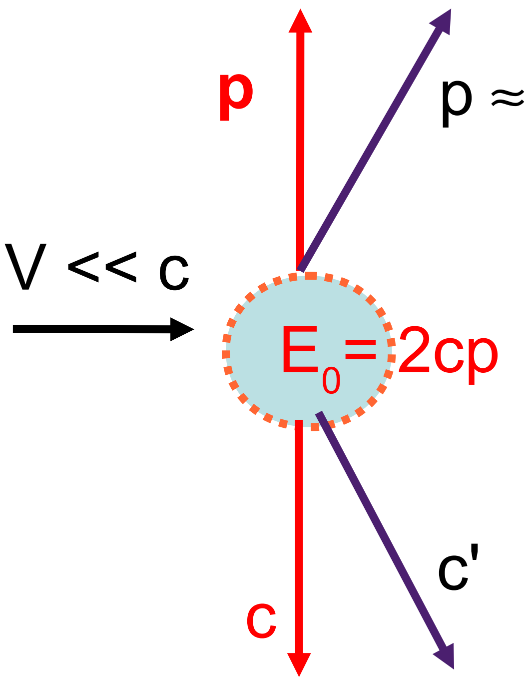
$\Delta\mathbf{P} = -(\mathbf{p}_- + \mathbf{p}_+) \approx -2pv/c, \quad \Delta E = -2\varepsilon \approx -2\varepsilon = -2cp$

$\Delta\mathbf{P} = \mathbf{v}\Delta M, \quad \Delta M = \Delta P/v = -2p/c = -2\varepsilon/c^2 = \Delta E/c^2, \qquad E_0 = Mc^2$

$E = Mc^2 + Mv^2/2$ - тогда энергия и импульс сохраняются.

Независимость скорости c от движения системы координат

Распад $E_0 \longrightarrow 2cp$, $p_x = 0$; если $\mathbf{c}' = \mathbf{c} + \mathbf{V}$ (в л.с.) ,



$p \approx p(1+V^2/c^2)^{1/2}$

при $c' = c(1+V^2/c^2)^{1/2}$ получим

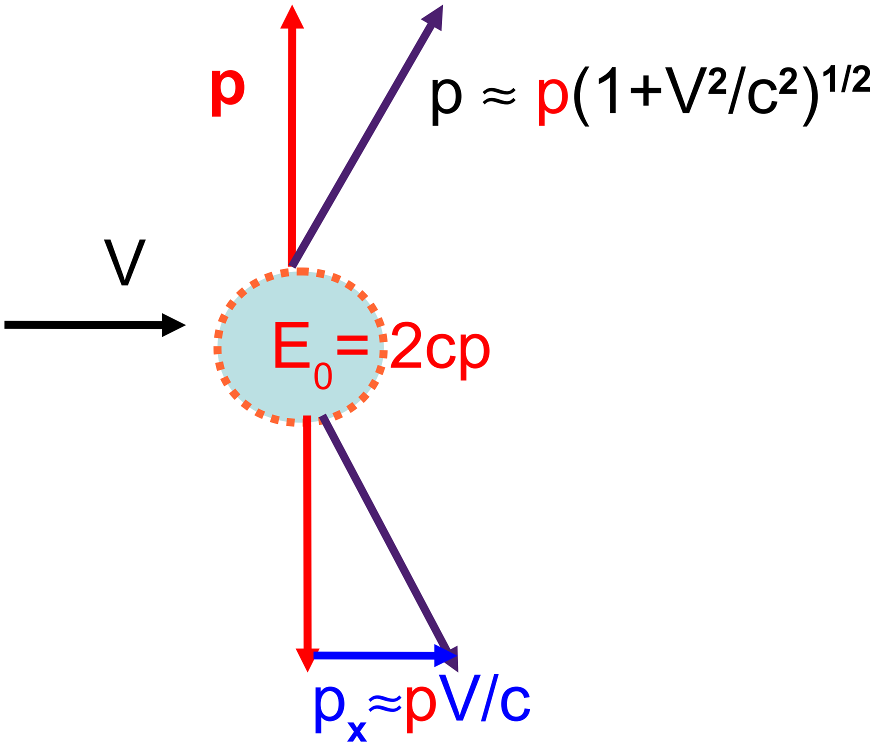
$E \approx 2c'p \approx E_0(1+V^2/c^2) = mc^2 + mV^2$

вместо $E = mc^2 + mV^2/2$.

Для выполнения $E = mc^2 + mV^2/2$ необходимо $c = c'$.

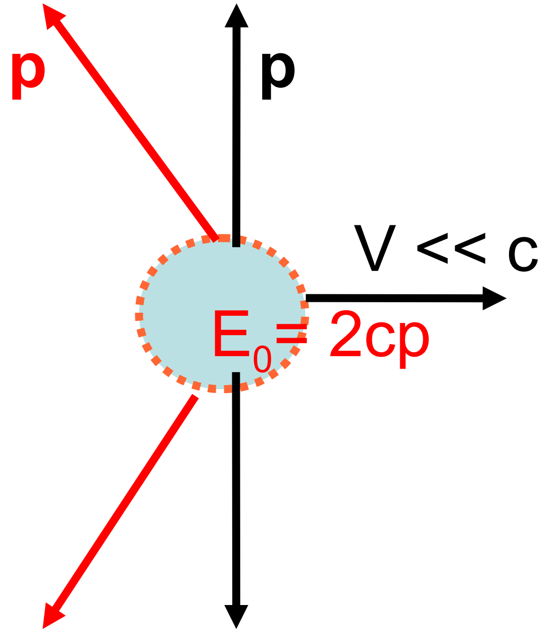
Связь импульсов фотона в л.с. и движ. системе координат

$V \ll c = c$, распад $E_0 \longrightarrow 2cp$, $p_x = 0$, $p_y = p_y = p$.



«Поперечный» эффект Доплера

$\mathbf{c} = \mathbf{c}$, $p = p_y$, $p_x = 0$



$p_x \approx -pv/c$

$p = p/(1-V^2/c^2)^{1/2}$

$p = p \sin\theta = p(1-V^2/c^2)^{1/2}$

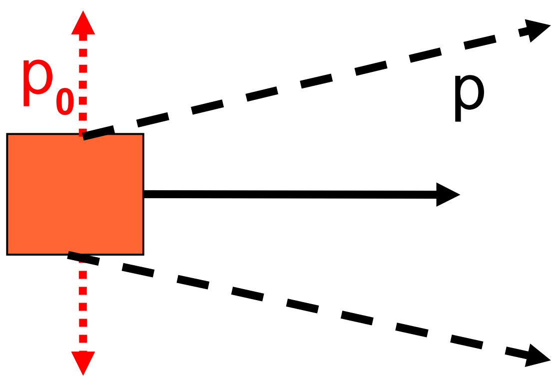
$E = cp = cp(1-V^2/c^2)^{1/2}$

поперечный эфф. Доплера

Быстро движущийся излучатель, $V \sim c$

$p \cong p_0/(1- v^2/c^2)^{1/2}$, $\Delta P = 2p$, $\Delta E = 2cp \approx c\Delta P$,

$\Delta E = c\Delta P \approx 2cp_0/ (1-v^2/c^2)^{1/2} = \Delta E_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$,



$E = E_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$

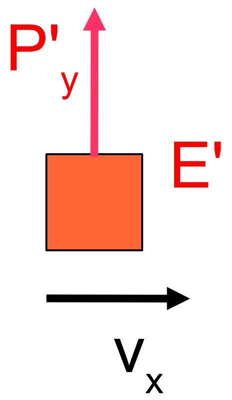
$E=m_0c^2/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ при $v \sim c$ и $E = m_0c^2 + P^2/2m_0$ при $v \ll c$

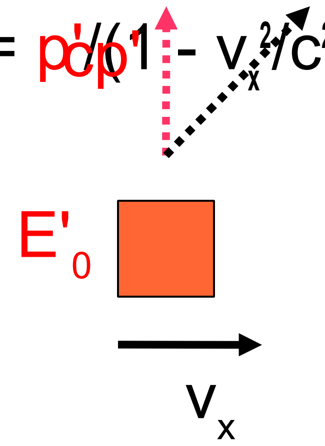
выполняются при $E = (E_0^2+P^2c^2)^{1/2}$, при этом $\mathbf{P} = \mathbf{v}E/c^2$.

связь энергий и импульсов в л.с. и в движущейся системе

$P'_y = 0 + p'$, $E' = E'_0 + cp'$, $P_y = p_y = p' = P'_y = v'_y E'/c^2$

$p = p'/(1 - v_x^2/c^2)^{1/2}$



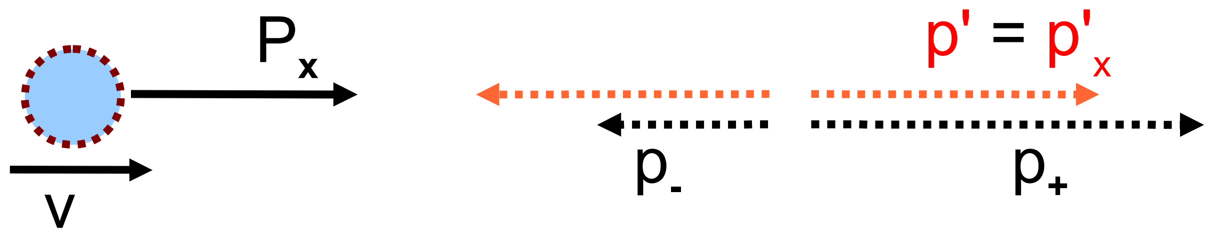


$$E = E'_0/(1 - v_x^2/c^2)^{1/2} + cp = E'/(1 - v_x^2/c^2)^{1/2}$$

$v'_y = c^2 P'_y/E'$, $v_y = c^2 P_y/E = v'_y E'/E = v'_y (1 - v_x^2/c^2)^{1/2}$

энергии и импульсы фотона в л.с.и в движущейся системе

Распад $E'_0 = 2\varepsilon' = 2cp'$, $E = E'_0/(1-V^2/c^2)$, $P_x = 2\varepsilon' V/(1-V^2/c^2)c^2$



$p_+ = \varepsilon' v/(1-V^2/c^2)c^2 + Kp'$, $\varepsilon_+ = cp_+$,

$p_- = \varepsilon' v/(1-V^2/c^2)c^2 - Kp'$, $\varepsilon_- = -cp_-$, $p_- < 0$

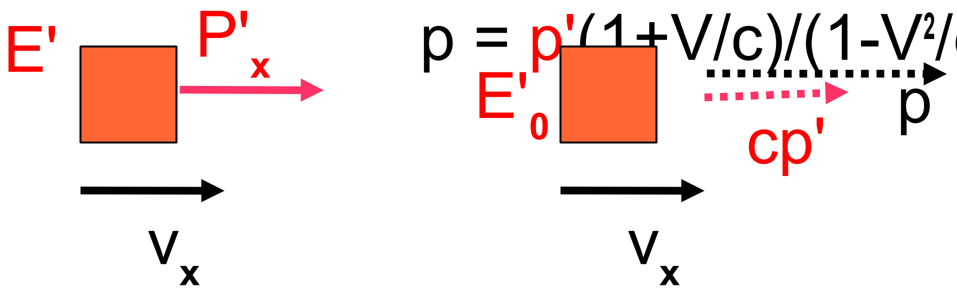
$E = \varepsilon_+ + \varepsilon_- = c(p_+ - p_-) = 2Kcp' = 2cp'/(1-V^2/c^2)^{1/2}$, $K = 1/(1-V^2/c^2)^{1/2}$.

$p_x = (p'_x + V\varepsilon'/c^2)/(1-V^2/c^2)^{1/2}$, $\varepsilon = cp_x = (\varepsilon' + Vp'_x)/(1-V^2/c^2)^{1/2}$

связь энергий и импульсов в л.с. и в движущейся системе

$P'_x = 0 + p'$, $E' = E'_0 + cp'$, $P'_x = v'_x E'/c^2$

$p = p'(1+V/c)/(1-V^2/c^2)^{1/2}$



$E = E'_0/(1-V^2/c^2)^{1/2} + cp = (E' + VP'_x)/(1-V^2/c^2)^{1/2}$,

$P_x = VE'_0/(1-V^2/c^2)^{1/2}c^2 + p = (VE'/c^2 + P'_x)/(1-V^2/c^2)^{1/2}$,

связь энергий и импульсов в л.с. и в движущейся системе

$$V = V_x: \quad E = E'_0/(1-V^2/c^2)^{1/2} + cp = (E' + VP'_x)/(1-V^2/c^2)^{1/2},$$

$$P_x = VE'_0/(1-V^2/c^2)^{1/2}c^2 + p = (VE'/c^2 + P'_x)/(1-V^2/c^2)^{1/2},$$

$$v_x = c^2P_x/E = (VE'/c^2+P'_x)/(E'+VP'_x) = (v'_x+V)/(1+Vv'_x/c^2).$$

$$P_y = P'_y, \quad P_z = P'_z, \qquad v'_y = c^2P'_y/E', \qquad v'_z = c^2P'_z/E':$$

$$v_y = c^2P_y/E = c^2P'_y(1-V^2/c^2)^{1/2}/(E'+VP'_x) = v'_y(1-V^2/c^2)^{1/2}/(1+Vv'_x/c^2),$$

$$v_z = c^2P_z/E = c^2P'_z(1-V^2/c^2)^{1/2}/(E'+VP'_z) = v'_z(1-V^2/c^2)^{1/2}/(1+Vv'_x/c^2).$$

«уточнённая» ньютоновская (эмпирическая) механика

Вывод:

«релятивистские» выражения для E, **p**, **v** (E', **p'**, **v'**)

обеспечивают выполнение законов сохранения энергии и импульса в «нерелятивистской» **эмпирической** теории

(где сохраняется $t = t'$, $\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2 = \mathbf{r}'_1 - \mathbf{r}'_2$).

(Уточнение сводится к замене выражения $\mathbf{P} = m_0\mathbf{v}$

более точным: $\mathbf{P} = m\mathbf{v}$, $m = m_0/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$.)

Кинематика «вторична»: $\mathbf{v} = \mathbf{P}c^2/E$, $\mathbf{v}' = \mathbf{P}'c^2/E$;

выражения «x»$=(x'+Vt')/(1-v^2/c^2)^{1/2}$, «t»$=(t'+Vx'/c^2)/(1-v^2/c^2)^{1/2}$

описывают измерения **запаздывающих** величин «x», «t».

Неустранимая противоречивость понятия движения

«Движенья нет» - Парменид , V век до н.э.

«покой» - сохранение состояния (положения в простр. **r**),

«движение» - изменение состояния, **несовместимо** с его сохранением и самим понятием определённого состояния

«покой» - отрицание «движения», и обратно.

1) одновременное существование «П» и «Д» невозможно,

2) «движение» можно определить как отрицание «покоя».

Несовместимые «покой» и «абсолютное» движение

Локализация $\mathbf{r}_0$ в определённой системе K_0 - «покой» **O**

Запрет существования $\Delta t > \Delta t_0$ в промежутке $\Delta r_0 = c\Delta t_0$

в любой системе координат -«абсолютное движение» **C**

Определение E и **P** (создаваемых одной и той же силой **F**)

$dE = (\mathbf{F}\, d\mathbf{r})$, $d\mathbf{P} = \mathbf{F}\, dt$, $\mathbf{v} = dE/d\mathbf{P} = d\mathbf{r}/dt$

покой **O** – локализация в $\mathbf{r}_0$, $E = E_0$, $P = 0$,

абс. движение **C** - $E_0 = 0$, $E_c = cP$, (E, P зависят от сист.)

«Квантовое» определение понятия движения

Движение как «суперпозиция» возмущённых состояний

$\mathbf{V}$=A(t)$\mathbf{O'}$($\mathbf{r}$(t)) + B(t)$\mathbf{C'}$(t) (неразличимые $\mathbf{O'}$(t) и $\mathbf{C'}$(t))

$E_{0'} = E_{0'} + U_{0'} = E$, $E_{C'} = E_{C'} + U_{C'} = E$ смещены на U

$\Delta t_{0'} = \hbar/\Delta E_{0'} = \hbar/U_{0'}$, $\Delta t_{C'} = \hbar/\Delta E_{C'} = \hbar/U_{C'}$, короткоживущие

A(t)B(t)=0 , $A^2(t) + B^2(t) = 1$

$\mathbf{O'}$(t) и $\mathbf{C'}$(t) реализуются не одновременно)

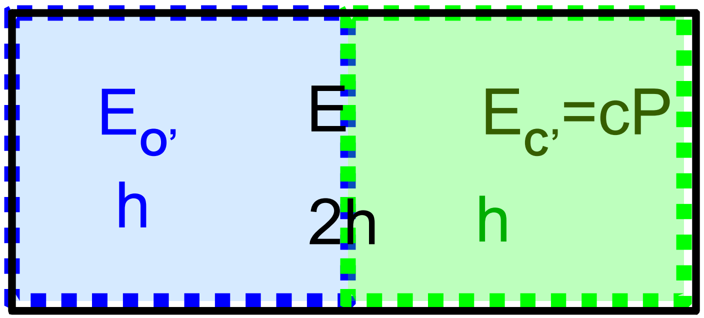
$\langle A(t)\mathbf{O'}(\mathbf{r}_0\text{-}\mathbf{v}t) + B(t)\mathbf{C'}(t)\rangle_t = \alpha\mathbf{O'}(\mathbf{r} - \mathbf{v}t) + \beta\mathbf{C'} = \mathbf{v}$, $\alpha^2 + \beta^2 = 1$,

$\langle A(t)\rangle_t = \alpha$, $\langle B(t)\rangle_t = \beta = v/c$,

O' и **C'** по отдельности ненаблюдаемы .

«Квантовое» определение понятия движения

$\mathbf{v}(t) = \alpha\mathbf{O'}(\mathbf{r}_0\text{-}\mathbf{v}t) + \beta\mathbf{C'}$, $\alpha^2 + \beta^2 = 1$,



$E_{(2h)} = \alpha E_{0'} + \beta E_{C'}$, $v = \beta c$,   (P = ?)

«Квантовое» определение понятия движения

$\mathbf{v}(t) = \alpha \mathbf{O'}(\mathbf{r}_0 - \mathbf{v}t) + \beta \mathbf{C'}$, $\alpha^2 + \beta^2 = 1$, $\beta = v/c$,

«смесь» 2 сост., $W_0 + W_c = 1$, $\langle E \rangle = E\alpha^2 + E\beta^2 = E(\mathbf{O}) + E(\mathbf{C})$

$$\boxed{\begin{array}{c} E_{o'} + U_{o'} = \\ W_{o'} = \alpha^2 \end{array}} \quad E \quad \boxed{\begin{array}{c} = E_{c'} + U_{c'} \\ W_{c'} = \beta^2 \end{array}}$$

$E'(\mathbf{O}) = \alpha E_{0'} = \alpha^2 E$, $E = E_{0'}/\alpha = E_{0'}/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$,

$E'(\mathbf{C}) = \beta E_{c'} = \beta^2 E$, $cP = \beta E$, $P = vE/c^2$

$$E = E_0/(1 - v^2/c^2)^{1/2} = E_0(1 - v^2/c^2)^{1/2} + vP.$$

Сохранение энергии и соотношение $\Delta E\, \Delta t = \hbar$

«смесь» $W_{(O,C)} = W(\mathbf{O}(\mathbf{r}_0-\mathbf{v}t)) + W(\mathbf{C}) = \alpha^2 + \beta^2 = 1$, $\langle E\rangle = E$,

$w(\mathbf{O})/w(\mathbf{C}) = \alpha^2/\beta^2 = \Delta t_0/\Delta t_C = \Delta E_C/\Delta E_0 = (E - E_C)/(E - E_0)$

$E_0 = \alpha^2 \langle E\rangle$, $E_C = \beta^2 E$,

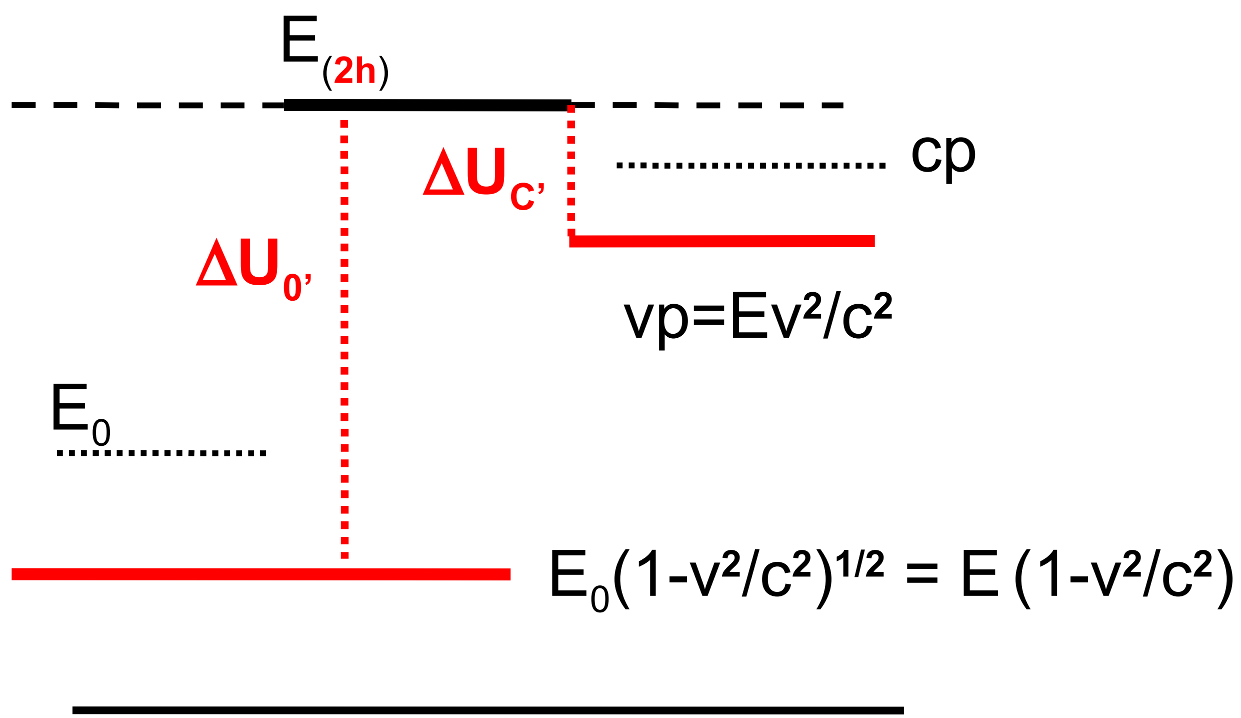
$\Delta E_C/\Delta E_0 = (E - E_C)/(E - E_0) = (1 - \beta^2)/(1 - \alpha^2) = \alpha^2/\beta^2$,

$E_{(2h)} = E_0 + E_C = E_{(2h)}$

«Неравновесное» двухкомпонентное состояние

$w_0/w_C = \Delta t_0/\Delta t_C = \Delta E_C/\Delta E_0 = (1 - v^2/c^2)/(v^2/c^2)$

При $v \approx c$ $(c^2 - v^2)/v^2 \approx 2(1 - v/c)$, $E - vP \approx 2P(c - v)$



$w_C/w_0 = \Delta t_C/\Delta t_0 = \Delta E_0/\Delta E_C = v^2/c^2/(1 - v^2/c^2)$

При $v \ll c$ $E_C \approx E_0 v^2/c^2$

«Неравновесность» бегущей и стоячей компонент

$$E = E_0(1 - v^2/c^2)^{1/2} + U_0, \qquad U_0 = 2cP_\perp$$

«Продольная» неуст. локализованной в Δx стоячей волны

(сдвиг фаз между узлами)

$$E = vp + U_c, \qquad U_c = c\,\hbar/\Delta r_\perp$$

«Поперечная» неустойчивость сжатой в $\Delta r_\perp$ бегущей волны

.

Сохранение импульса и соотношение $\Delta P \Delta x = \hbar$

При кратковременной локализации частицы с импульсом P

в интервале $\Delta x = c\Delta t_0$ P сохраняется за счёт $\Delta P_x = \hbar/\Delta x$

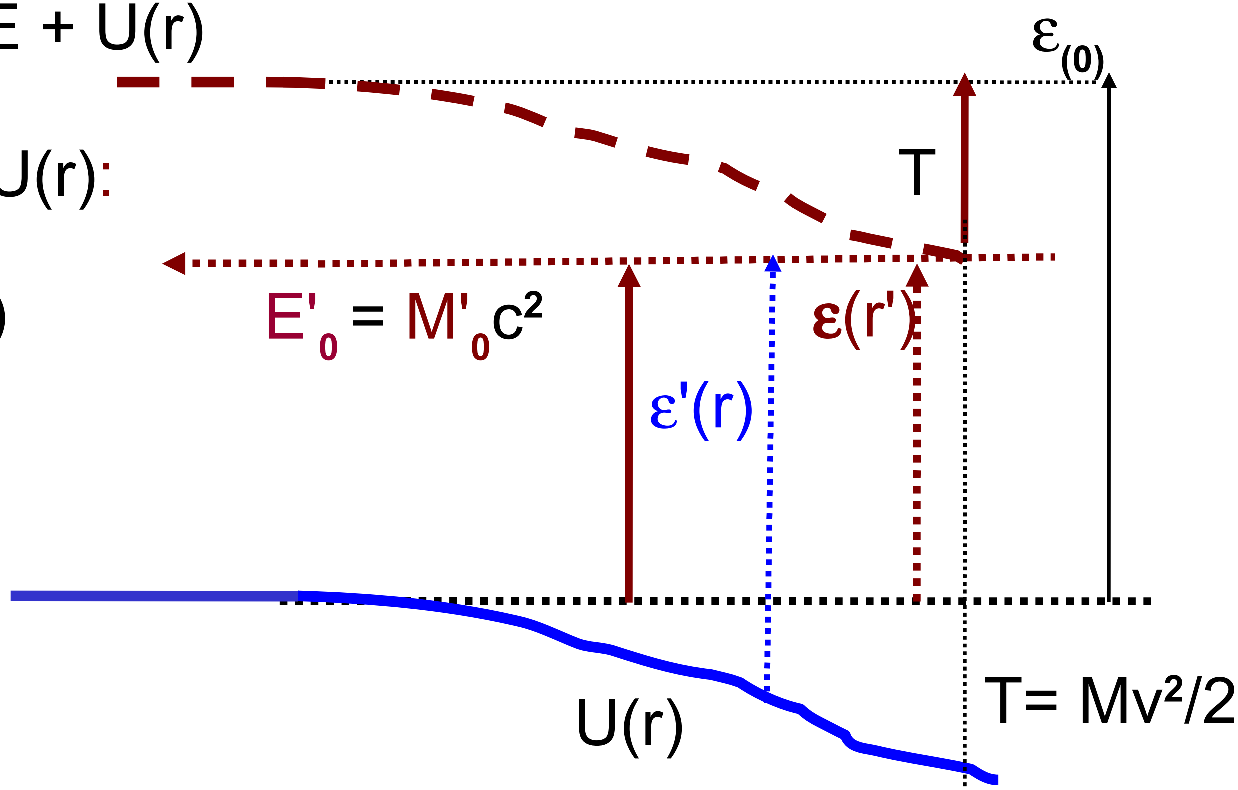
.

Смещение энергии фотона в гравитационном поле

атом: $E_{(0)} = M_0c^2 = E + U(r)$

энергия покоя в $U(r)$:

$E'_0(r') = M_0c^2 + U(r')$



r' – точка испускания

$\varepsilon(r') = \varepsilon_{(0)} E'_0(r')/E_{(0)} = \varepsilon_{(0)}(1 + U(r')/M_0c^2)$

Замедление взаимодействующего фотона

$$\varepsilon_0 = cp_0 >> |U(r)|, \qquad \varepsilon = \varepsilon_0 - U(r), \qquad dp = -\,\mathrm{grad}\, U\, dt\,,$$

$$\psi = (1 - \Delta p/p_0)\psi_+ + \Delta p/p_0 \psi_-, \quad p_+ = p_0 + \Delta p\,, \quad \Delta p = -\,U/c,$$

$$\langle p(r)\rangle = (p_0 + \Delta p)\,(1 - 2\Delta p/p_0) = p_0 - \Delta p = p_0 + U(r)/c\,,$$

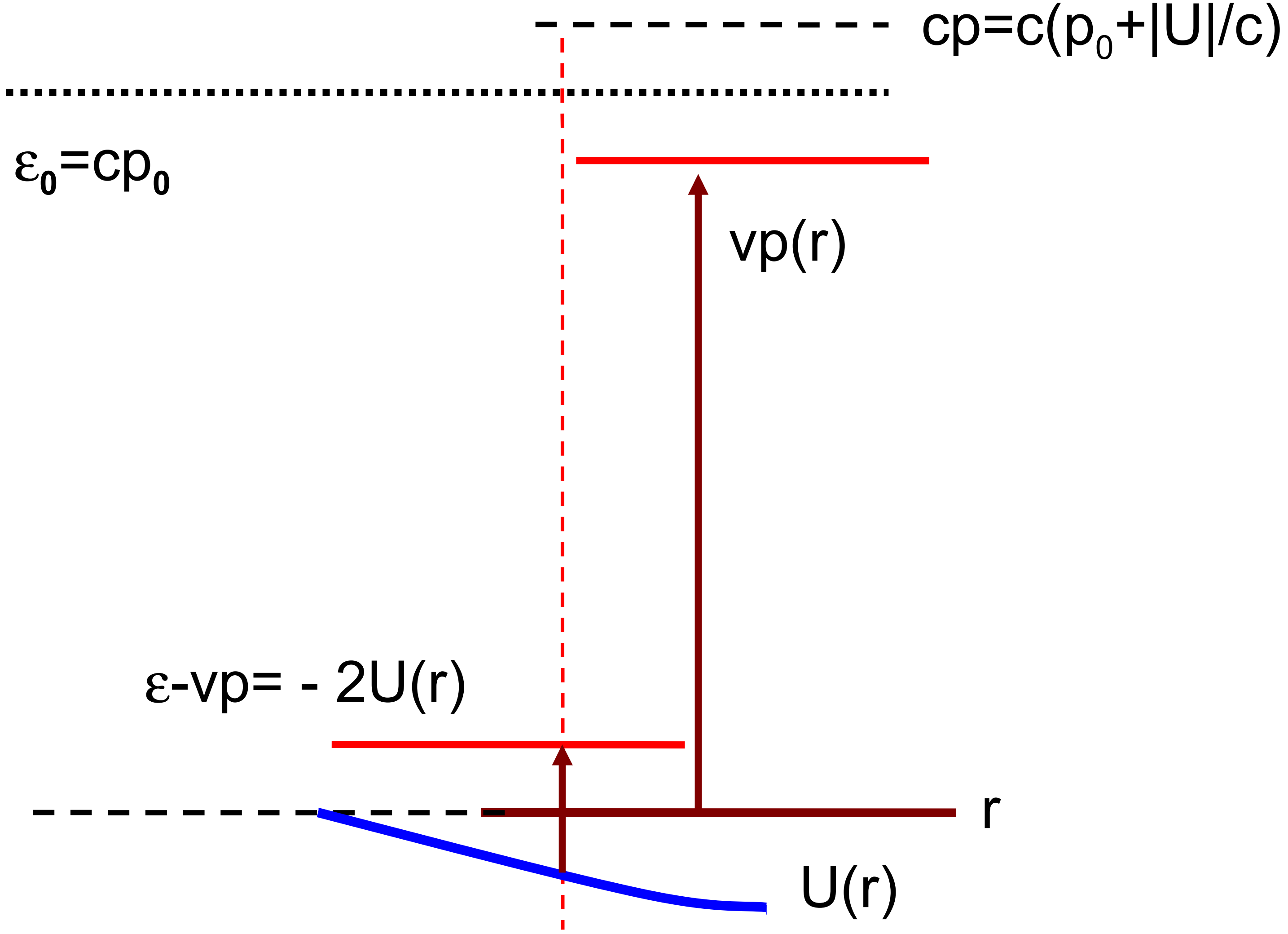
$$v(r) = \langle p(r)\rangle c^2/\varepsilon = c^2(p_0 + U(r)/c)/(\varepsilon_0 - U(r)) = c + 2U(r)/p_0\,.$$

$$\varepsilon = \varepsilon(1 - v^2/c^2) + \varepsilon\, v^2/c^2, \quad \varepsilon(1 - v^2/c^2) = \varepsilon\, 2(1 - v/c) = -\,4U,$$

$$E_0(1 - v^2/c^2)^{1/2} = -\,4U, \qquad E_0(r) = \varepsilon(1 - v^2/c^2)^{1/2} = 2(U(r)\varepsilon_0)^{1/2}\,.$$

Замедление взаимодействующего фотона

$$(c - v) = -2\,U/p \approx -2U/p_0$$



Отклонение $2\theta_0$ и «центробежная» масса (с **F** = -grad U(r))

$v = c$, удвоенное отклонение $2\theta_0$ - вдвое меньший $R = R_0/2$

при той же центробежной силе $F' = \text{grad}\, U(r)$ с $m = E/c^2$

$$F' = \mathbf{m}_c v^2/R = 2\mathbf{m}_c v^2/R, \quad \mathbf{m}_c = m/2 = p/2c.$$

При m **№** 0 «центробежная масса» $\mathbf{m} v^2/R = F'$, $\mathbf{m}$ **№** E/c^2

$$m = E/c^2 = m_0(1 - v^2/c^2)^{1/2} + vP/c^2,$$

$$\mathbf{m} = m_0(1 - v^2/c^2)^{1/2} + vP/2c^2 = (E - vP/2)/c^2 =$$

$$= (E/c^2)\,(1 - v^2/2c^2),$$

при $v \ll c$ $\quad \mathbf{m} \approx m_0$

Поправки в «кеплеровой» задаче

$\mathbf{m} = (E/c^2)\,(1 - v^2/2c^2) = m'_0(1\text{-}v^2/2c^2)/(1\text{-}\,v^2/c^2)^{1/2} \approx m'_0(r),$

В потенциале $U(r) = -GmM/R$ $\quad m'_0(r) = m_0(1 + U(r)/m_0 c^2).$

Центробежная сила $\mathbf{m}v^2/R = m'_0(R)v^2/R.$

"Гравитационная масса" $m = E(R)/c^2 = m_0 - |E_{св}|/c^2$

зависит только от энергии связи,

$U(r) = -G(\,m_0 - |E_{св}|/c^2\,)M/r.$

Поправки в «кеплеровой» задаче

$F' = \mathbf{m}v^2/R = m'_0(R)\, v^2/R$,

$m = E/c^2 = m_0 - |E_{св}|/c^2 = \mathrm{const}\ (r)$, $U(r) = -G(m_0 - |E_{св}|/c^2\ )M/r$,

$F'(m'_0(R)) = \mathrm{grad}\ U(R)$ описывает движ. переменной массы.

В I порядке: $m'_0 = m_0 + U(r)/c^2$ в F'заменим постоянной m_0,

а к m_0 в $U(r)$ добавим $-U(r)/c^2 = mv^2/c^2$, где $v = v(r) = L/mr$.

$U'(r) = -\ (1 - |E_{св}|/m_0c^2)\ Gm_0\ M(1/r + A/r^3)$, где $A = L^2/m^2c^2$.

$m' = m_0$ в пот-ле $U'(r) = U_0(r) + \delta U(r)$, $\delta U(r) = B/r^3$

Сдвиг перигелия на возмущённой орбите в $U_0(r) = -\alpha/r$

$U'(r) = -\,(1 - |E_{св}|/m_0c^2)\, Gm_0M(1/r + A/r^3)$, где $A = L^2/m^2c^2$.

$U'(r) = -\alpha/r + \delta U(r)$, $\delta U(r) = B/r^3$, $B = -\,\alpha A = -\,\alpha L^2/m_0^2c^2$

Возмущение $\delta U(r) = B/r^3$ приводит к сдвигу перигелия

$\Delta\varphi = -\,6\pi B/\alpha p^2$. (= 43" за 100 лет для Меркурия)

Параметр орбиты p: $p/r = 1 + e \,\mathrm{Cos}\, \varphi$,

$e = (1 + 2EL^2/m\alpha^2)^{1/2}$, $(E = mv^2/2 + U(r))$

при $e \ll 1$ $p - R \ll R$ $\Delta\varphi = 6\pi v^2/c^2$, $v^2(R) = GM/R$

Некоторые выводы

*   Правильные формулы СТО получаются
 при сохранении времени t = t’
и выполнении законов сохранения энергии и имп.
E’, P’ в каждой системе K’.

* «Релятивистская инвариантность» описания –
заблуждение, а не «принцип».

*   СТО и ОТО – имитация квантовых эффектов,
которые делают ненабл. противоречивые события

Некоторые выводы

* Правильные формулы СТО получаются при сохр. $t = t'$
  и выполнении з-нов сохранения E', P' в каждой сист. K'.
* «Рел. инвариантность» описания – заблуждение.
* СТО и ОТО – имитация квантовых свойств движения.

*Класс. теория описывает средние вел-ны кв. сост, должна формулироваться вместе с квантовой.

* Точной теории движения в пот-ле U(r) пока нет.

* Предл. опыт с кул. полем прояснит ситуацию