



אחסון פתרון

מהיבואר האור איננו אור

מיושמים: הגדרת מרחק במרחב-זמן

$$ds^2 = - (cdt)^2 + dx^2 + dy^2 + dz^2$$

מה כולו איננו אור! איננו אור
ש'ע'ו' האור-דיון

2/

ללא כולל אינרטיאלי

$$ds^2 = ds'^2$$

היחסים המובילים בין ללא כולל

אינרטיאלי - עובדת

שני ללא כולל , להיחלף ,
 $\vec{v} = \vec{v}_I + \vec{v}_II$

3/

$$\vec{r}_{||} = \gamma (\vec{r}'_{||} + \vec{v} t')$$

$$\vec{r}_{\perp} = \vec{r}'_{\perp}$$

$$t = \gamma \left(t' + \frac{\vec{r}' \cdot \vec{v}}{c^2} \right)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\vec{v}^2}{c^2}}}$$

5/

הכנסת וקטור

$$u^M = \frac{dx^M}{d\tau} = (u^0, u^1, u^2, u^3)$$

$$d\tau^2 = - \frac{ds^2}{c^2}$$

ז: גודל וקטור
 מדידת זמן

הכנסת וקטור

$$u^M = (\gamma c, \gamma \vec{v})$$

$$6/ \vec{v} = \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt} \right)$$

$$\frac{dt}{dz} = \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \vec{v}^2/c^2}}$$

בהגדרתו של γ

אז $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$

בהכרח, $\gamma > 1$

אז

7/

מס' התיאור: ? מיליון ור

$$P^M = m U^M = (\gamma m c, \gamma m \vec{v})$$

p^0, \vec{p}

$$\begin{aligned} P^2 &= -(p^0)^2 + \vec{p}^2 \\ &= -m^2 c^2 \gamma^2 + m^2 \gamma^2 \vec{v}^2 \\ &= -m^2 c^2 \end{aligned}$$



8/

$$CP^0 = \underbrace{mc^2}_{\text{rest energy}} + \frac{1}{2} m v^2 + \dots$$

$$\frac{v^2}{c^2} \ll 1$$

$$CP^0 = E, \quad P^0 = E/c$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 1 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} + \dots$$

$$P^\mu = \left(\frac{E}{c}, \vec{P} \right)$$

$$E^2 = m^2 c^4 + c^2 \vec{P}^2$$

g/

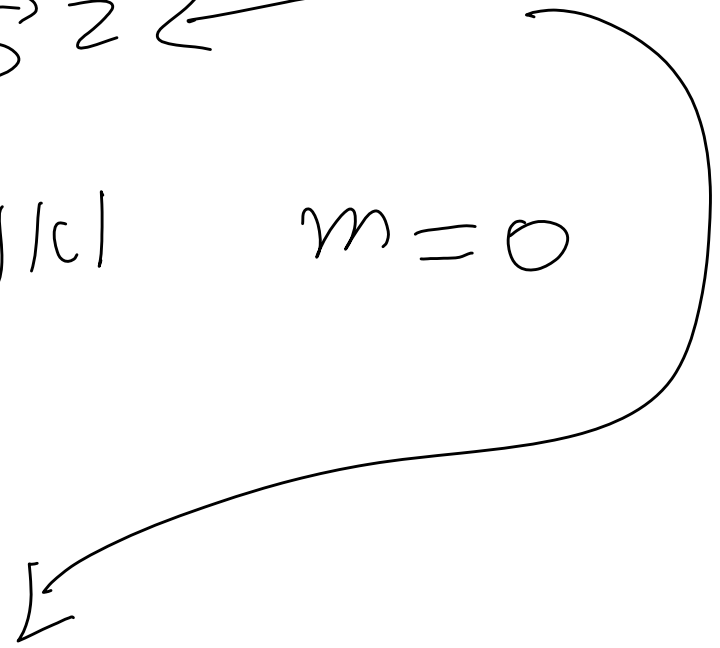
$$E^2 = m^2 c^4 + c^2 \vec{p}^2 \leftarrow$$

$$|p| \ll mc \quad \text{for } |c| \quad m=0$$

$$E \approx \frac{p^2}{2m} \rightarrow \infty$$

$m \rightarrow 0$

$$E = c|p| \quad m=0 \quad \text{photon}$$



10/ ע/ו'ס $m=0$ גוי ב'יק ז'רא'ה

ק'לה'ה'ה'ר ה'א'ו'ר c , ו'י'א'ו' י'ט'א'י'ם

ו'י'א'ו' כ'ו'ב'ו'ד'ו'ס

$$\vec{p} = \frac{E}{c} \quad \text{ב'צ'ע'י' ה'ר'ע'ה}$$

$$m=0 \quad E^2 = c^2 p^2$$

$$E = c |\vec{p}|$$

11/

$$m \frac{d\mathbf{u}^M}{dt} = \mathbf{f}^M$$

"yes" ~~no~~

$$\mathbf{f} = \left(f^0, \delta \vec{F} \right)$$

no

$$f^0 = \frac{\partial}{\partial t} \underbrace{\vec{F} \cdot \vec{v}}$$

no

12/

כך נקראת הפונקציה $f(x) = \frac{1}{x}$

P^m - אזור

$f^m = 0$ פיר

13/

מסקנת π למעשה ישנו פוטון
במסלול

14.1

מסקנת π הנע במהירות גבוהה
ישנו פוטון המצוי במסלול

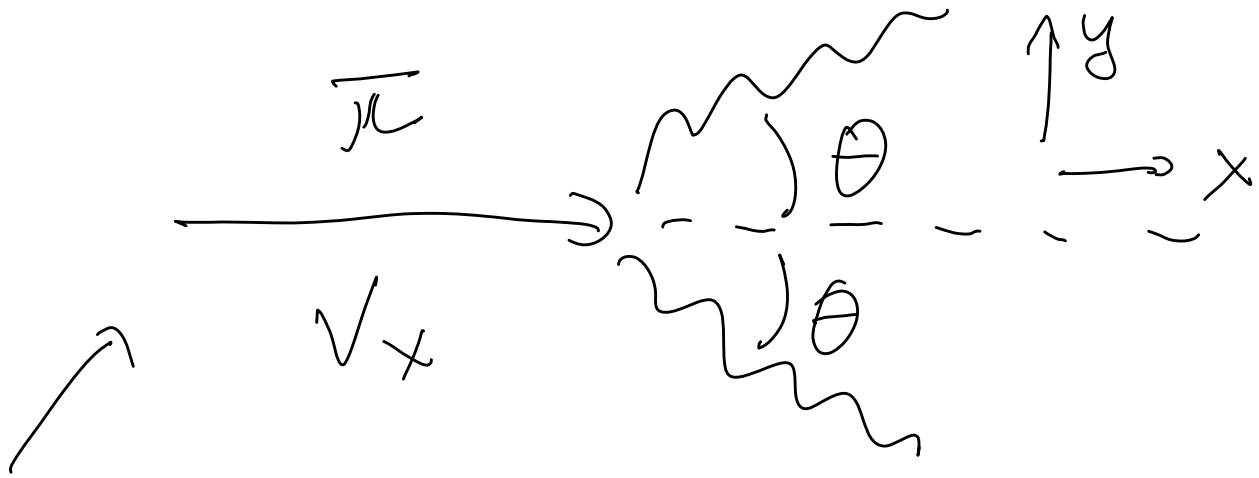
מסתו של π היא $m_{\pi} c^2 = 135 \text{ MeV}$

$\text{MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-13} \text{ J}$, $m_{\pi} \approx \frac{1}{7} m_p$
פוטון

14/

פונקציה של θ בלבד

היא 100 MeV (באמצעות ההנחה)



1. מהי ההסתברות של הפקיה π ?
 2. מהי ההסתברות θ ?

15/

אז, P^μ = $\{E/c, \vec{p}\}$

$\|G\| P^\mu, P^\mu_{\pi}$ \rightarrow $\{E/c, \vec{p}\}$

$$P^\mu_{\pi} = (m_{\pi} c \gamma, m_{\pi} v_x \gamma, 0, 0)$$

$$\|G\| P^\mu = (E/c, \frac{E}{c} \cos \theta, \pm \frac{E}{c} \sin \theta, 0)$$

$$\|G\| m = 0$$

16/

$$P_{\pi}^0 = P^0 + P^0$$

$$1 \parallel 172 \quad 2 \parallel 1612$$

$$m_{\pi} c \gamma = \frac{2E}{c}$$

$$\boxed{\gamma = \frac{2E}{m_{\pi} c^2}} = \frac{200}{135} = 1,48$$

$$\frac{v_x}{c} = \sqrt{1 - \frac{1}{\gamma^2}} = 0,74$$

χ \approx 100° \approx 180° \approx 180° \approx 180°

$$m_{\pi} v_x \gamma = \frac{2E}{c} \cos \theta$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{\frac{m_{\pi} c^2}{2E} \cdot \gamma}{\frac{v_x}{c}} \Rightarrow \cos \theta = 0,74$$

$$\theta = 42^\circ$$

1/

תנועה הרמונית

$$(*) \frac{d^2 x}{dt^2} + \omega^2 x = 0$$

סל גל כח שדקויות

נקיטת אובסרואטור

טעם האולטרה (*)

היגור, והקצות תנועה הרמונית
בשוק

2/ התנאים הנתונים הם

$$X(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

\uparrow \uparrow
 אורך התנודות ω ϕ
 זמן התנודה ϕ

$$X(t=0) = A \cos \phi$$

$$V(t=0) = -A\omega \sin \phi$$

$V(t=0), X(t=0)$ ידועים \Rightarrow A, ϕ

3/

התנאים הם $\omega t = 0$ ו- $\omega t = 2\pi$

$$\omega t = 0 \iff \omega t = 2\pi$$

T - זמן מחזור

$$\omega T = 2\pi$$

ω - תדירות

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

f - תדירות

4/

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

$\int \partial \int$

$$\omega^2 = g/L$$

$\int PC/CN$

$$E = \underline{K} + U$$

$$\frac{1}{2} k A^2$$

$$= \int \partial \int \int$$

3/

גרנולה הדינאמית הכיאה

(ע"פ צ'כה)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx - b \frac{dx}{dt}$$

$$[b] = \frac{\text{ג"פ}}{\text{ש"ע}}$$

כ"מ ע"כ

$$k > 0, b > 0$$

6/

נרדף ונרדף

1. $(b/2m)^2 < \omega_0^2$

נרדף ונרדף

2. $(b/2m)^2 = \omega_0^2$

נרדף ונרדף

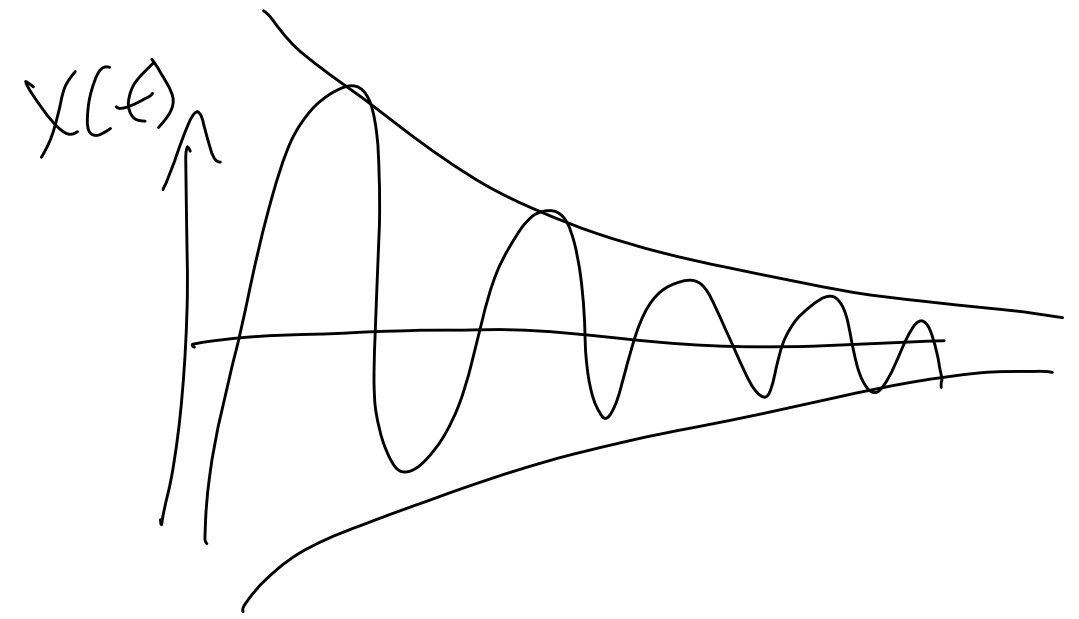
3. $(b/2m)^2 > \omega_0^2$

נרדף ונרדף

7/

1. $x(t) = e^{-\left(\frac{b}{2m}\right)t} A \cos(\omega t + \phi)$ underdamped

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{b}{2m}\right)^2} < \omega_0$$



$$\begin{aligned} & \cos\left(\omega t + \phi + \frac{\pi}{2}\right) \\ &= \sin(\omega t + \phi) \end{aligned}$$

$$8/ \quad E = \vec{K} + U \quad \text{??} \text{??} / c$$

$$= \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} k x^2$$

$$E = \frac{1}{2} k A^2 e^{-b/mt}$$

$$E = E_0 e^{-b/mt}$$

$$b/m = \gamma \quad \text{??} \text{??} \text{??} \text{??} \text{??} \text{??}$$

$$\frac{dE}{dt} = -\frac{b}{m} E \quad \frac{1}{E} \frac{\Delta E}{\Delta t} = -\frac{b}{m} \Rightarrow \frac{\Delta E}{E} = -\gamma \Delta t$$

g/

Q

למדו את המושגים
הבאים

$$Q \equiv \frac{E}{\Delta E}$$

ΔE : סטרייפ אנרגיה
הכי צר

$$Q = \frac{\omega_0}{\gamma} = \frac{1}{\gamma} \frac{2\pi}{T}$$

Q: כמה פעמים
האנרגיה נכנסת לתדר
הרצף

10/

$$(b/2m)^2 = \omega_0^2$$

75% / 10'

$$X(t) = e^{-b/2m t} (A_1 e^{+\Omega t} + A_2 e^{-\Omega t})$$

$$= A_1 e^{-\Omega_1 t} + A_2 e^{-\Omega_2 t}$$



$$\Omega_1 > 0$$

$$\Omega_1 < \Omega_2$$

$$\Omega_2 > 0$$

↑
פירוש פונקציות

$$\Omega_1 \approx \frac{1}{2} \frac{b}{2m} \cdot \frac{(\omega_0^2)^2}{(b/2m)^2} \ll \frac{b}{2m}$$

$$\Omega_1 = b/2m - \sqrt{\left(\frac{b}{2m}\right)^2 - \omega_0^2} > 0$$

$$\Omega_2 = b/2m + \sqrt{\left(\frac{b}{2m}\right)^2 - \frac{\omega_0^2}{2m}} > 0$$

$$X(t) = A e^{-b/2m t} \left(C_1 \cos \omega_1 t + C_2 \sin \omega_1 t \right)$$

12/

المذبذب المرن المذبذب

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = -kx + F \cos(\omega_F t)$$

ω_F المذبذب المرن

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$x(t) = A \cos(\omega_F t + \phi)$$

~~$A = \frac{F}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega_F^2}$~~ $\phi = 0$, $A = \frac{F}{m} \frac{1}{\omega_F^2 - \omega_0^2}$, $\phi = \pi$

13/ $\omega_0 > \omega_F$, $\omega_0 < \omega_F$ פ'ו ת"נ י"ע

$$\omega_0 = \omega_F$$

⇒ 3/2 א
0.115 >

$$14/ \frac{d^2 x}{dt^2} = -A \omega_F^2 \cos(\omega_F t + \phi)$$

$$-\frac{k}{m} x = -\omega_0^2 \cdot A \cos(\omega_F t + \phi)$$

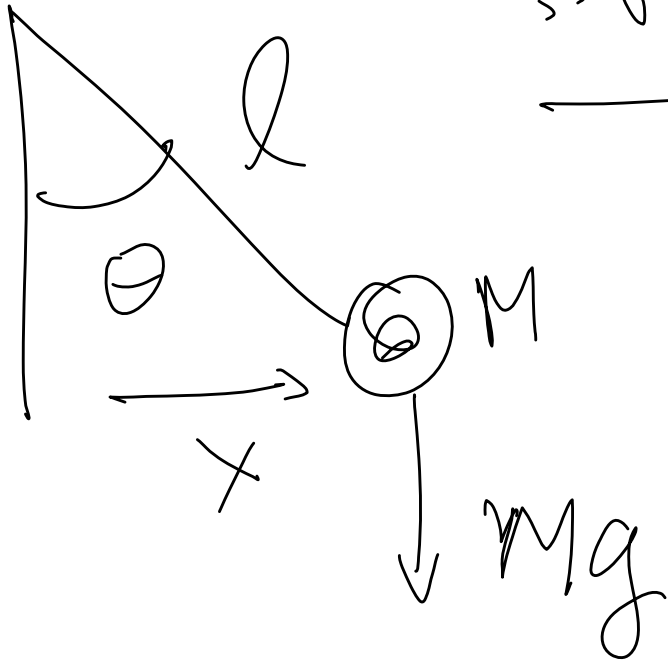
$$\rightarrow -A \omega_F^2 \cos(\omega_F t + \phi) = -\omega_0^2 A \cos(\omega_F t + \phi) + \frac{F}{m} \cos \cos(\omega_F t)$$

$$A (\omega_F^2 - \omega_0^2) = \frac{F}{m} \frac{\cos \omega_F t}{\cos(\omega_F t + \phi)}$$

15/

ଅନୁପ୍ରାସିତ ଉତ୍ତର

ଉପରୋକ୍ତ ଉତ୍ତର

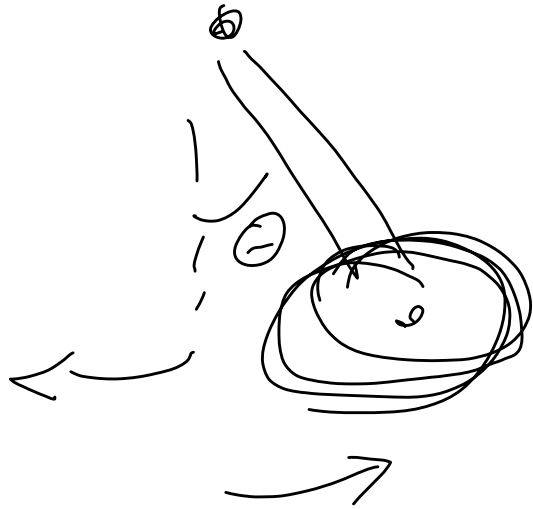


$$\ddot{\theta} = -g/l \theta \Rightarrow \theta(t) = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$\omega^2 = g/l$$

16/

מסלול קבוע



$$\tau = I\alpha$$

$$\alpha = \ddot{\theta}$$

כוחות נורמליים I

כוחות נורמליים $- \tau$

$$\vec{\tau} = \vec{r}_{CM} \times \vec{F}$$

$$\theta = A \cos(\omega t + \phi)$$

$$-Mgl \sin \theta = - \frac{Mgl}{I} \theta \Rightarrow$$

$$\omega^2 = \frac{Mgl}{I}$$

