1.8 Appendix

①

$$\langle 0|\, T[\varphi(x), \varphi(0)]\, |0\rangle = i D(x)$$

$$\int Dq(t)\, A[q(t_1)]\, e^{i\int_0^T L(\dot{q}, q)}$$

$\downarrow$

$$\prod_{i=1}^{N-1} \langle q_F| e^{-iH\delta T} | q_{N-1}\rangle \cdots \langle q_{j+1}| e^{-iH\delta t} A[q(t_1)] | q_j\rangle \cdots | q_I\rangle$$

$\downarrow$

$$\langle q_F| e^{-iHT} e^{iHt_1} A[\hat{q}] e^{-iHt_1} | q_I\rangle = \langle q_I| e^{-iHT} A[\hat{q}(t_1)] | q_I\rangle$$

$$\int Dq(t)\, A[q(t_1)]\, B[q(t_2)] \rightarrow \langle q_I| e^{-iHt} A[\hat{q}(t_1)] B[\hat{q}(t_2)] | q_I\rangle$$

$$T[A[\hat{q}(t_1)] B[\hat{q}(t_2)]] = \theta(t_1 - t_2) A[\hat{q}(t_1)] B[\hat{q}(t_2)] + \theta(t_2 - t_1) B[\hat{q}(t_2)] A[\hat{q}(t_1)]$$

となることが計算でわかる。

異常項（藤川先生によってアノマリーを……）

$\boxed{\text{場の変数変換は、Jacobian によってアノマリーが出てきて。それが上手くいっているかが微妙である。}}$

Gauge 変換によって理論に制限がかかる。もっと先に行くと、このCondition から、10次元や26次元でなければならない要請すら出てくる。

カシミール効果

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}+\frac{1}{2}m\omega^2x^2\right]\psi=E\psi.$$

Diracの方法でエネルギー固有値

$$\begin{cases} E_n=(n+\frac{1}{2})\hbar\omega & (n=0,1,2\cdots) \\ \psi = H_n(\xi) \end{cases}$$

外部の影響を無視するために

どうして今の宇宙はどうして こうなったの

0点エネルギー(暗黒エネルギー)

が少ししかないのか?

場の理論ではかなり

大きく出てくる.

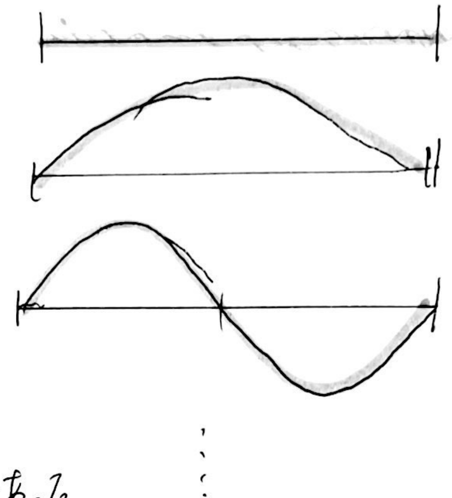
n=0

$E_0=\frac{\hbar}{2}\omega$

0点Energy.

n=1

n=2

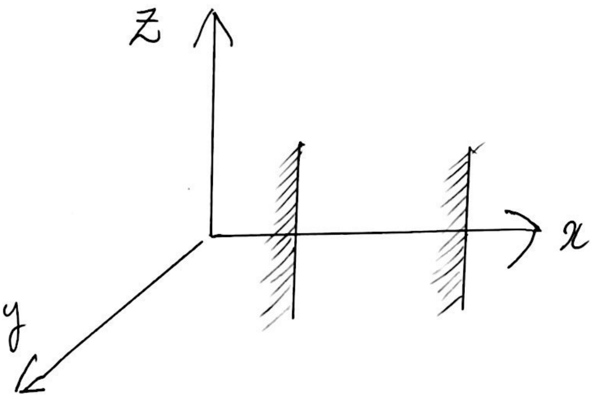


$$\langle 0|H|0\rangle=\int\frac{d^3k}{(2\pi)^3}\frac{\hbar}{2}\omega$$

であった。

本当は発散している

$$\int\frac{d^3k}{(2\pi)^3}\frac{\hbar}{2}\omega=\frac{\hbar}{2(2\pi)^3}\int d^3k\sqrt{m^2+\vec{k}^2}.$$



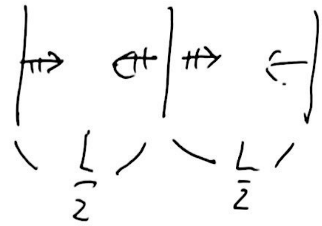
真空とは電子、陽電子が

出たり入ったりしている.(不確定性が

許す限り何がおこってもよい.)

$$\frac{\partial}{\partial a}\frac{1}{e^{a/d}-1}=\frac{-\frac{1}{d}e^{a/d}}{(e^{a/d}-1)^2}.$$

$$F = -\frac{\pi}{24}\left(\frac{1}{d^2} - \frac{1}{(L-d)^2}\right)\Bigg|_{d=\frac{L}{2}} = 0,$$



$L \gg d$

$\rightarrow \quad -\frac{\pi}{24d}$

少しずれると
中心に引き戻そうとする
力が働く.

~~$[c\hbar]$~~ $\xrightarrow{SI}$

$\hbar c \sim 200\,[\mathrm{MeV \cdot fm}]$.

$= 200 \times 10^{-15}\,[\mathrm{MeV \cdot m}]$.

Regularization に依存しない. (くり込みに依らない)

$-\frac{\pi}{12}$ は Regularization indep.

$$\int^{\Lambda} d^4p \, \frac{1}{p^2} \sim \int^{\Lambda} dp \cdot p^3 \frac{1}{p^2}$$

$$= \int^{\Lambda} dp \, p \sim \Lambda^2 . \quad (2次発散)$$

$$\int^{\Lambda} d^4p \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{p^2 + m^2}\right)$$ 最後に $m \to 0$ とする.

仮想 particle.

$$= \int^{\Lambda} d^4p \, \frac{m^2}{p^2(p^2+m^2)} \sim \log \Lambda . \quad (\log 発散).$$

Pauli-Villars の Regularization.

Paul-Villars の Regularization は Gauge対称性を破るので

最近つかわなくなった。

もしくは $\boxed{d=4-\varepsilon \text{ として次元を下げる。}}$

この場合 Gauge対称性を破らない。

カシミール Effect の場合、Miracle がおこっていた！

$\int^{\Lambda}$

プロパゲーターにマイナスを入れるということは、

負の確率を入れるということ。

↓

Unitarity の破れにつながる。

$$\int^{\Lambda} d^4p \left(\frac{1}{p^2} \underbrace{- \frac{1}{p^2+m^2}}_{\text{マイナス}} \underbrace{- \cdots\cdots}_{\text{マイナス}} \right)$$