

31-Mavzu: Massaning tezlikka bog'liqligi. Relativistik dinamika.

Reja:

1. Massaning tezlikka bog'liqligi.

2. Relativistik dinamika.

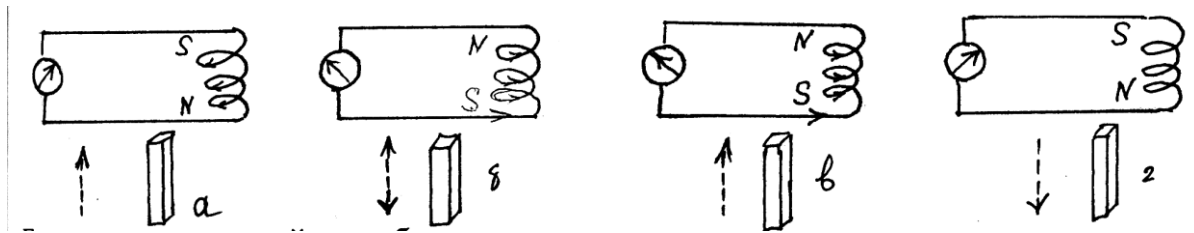
3. Eynshteyn nisbiylik tamoyili.

Eynshteynning nisbiylik tamoyili tabiatning barcha qonunlarini bir inersial sanoq sistemadan boshqa sanoq sistemasiga o'tganda invariantligini tushuntiradi. Bu degani barcha tabiat qonunlarini ifodalovchi tenglamalar Lorens almashtirishlariga nisbatan invariant bo'lishi kerak. Lekin, Nyuton mexanikasining tenglamalari Lorens almashtirishlariga invariant emas ekan. Kichik tezliklarda Nyutonning ikkinchi qonuni $m \rho a = m \Delta \Delta \rho v t = \rho F$ ko'rinishda yozilar edi.

Agar $m \rho u = p$ - jismning impulsi desak, u holda $m \Delta \rho u = \Delta p$ - jism impulsining o'zgarishi bo'lgani uchun $\rho F = \Delta p - \Delta \rho t$ deb yozish mumkin edi. Bu formulalarda, xususan, $m \rho u = p$ - da massa doimiy deb qaralar edi. Shunisi ajoyib ediki, katta tezliklarda ham bu tenglama o'z shaklini o'zgartirmas ekan. Katta tezliklarda faqat massa o'zgarar ekan. Agar tinch turgan jism massasi m_0 bo'lsa, uning v tezlik bilan harakatlanayotgandagi massasi m quyidagi formula bo'yicha aniqlanar ekan: $m = m_0 \sqrt{1 - \beta^2}$ va $\beta = v/c$. (5-6) 129 5.3-rasmda massaning tezlikka bog'liqlik grafigi keltirilgan.

Jismning tezligi v yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lganida, $\sqrt{1 - \beta^2} \approx 1 - \frac{1}{2} \beta^2$ had birdan juda kam farq qiladi va $m \approx m_0$ bo'ladi. $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}}$ 8m0 7m0 6m0 5m0 4m0 3m0 2m0 m0 0 0,5 c c v 5.3-rasm. Shunday qilib, Nyuton tavsiflagan jismning massasi tezlikka bog'liq emas. Relyativistik mexanikada energiyaning saqlanish qonuni xuddi klassik mexanikadagi kabi bajariladi. Jismning kinetik energiyasi E_k uning tezligini o'zgartirishi yoki tezlik berish uchun tashqi kuchlarning bajargan ishiga teng, ya'ni $\Delta E_k = E_k = A$.

Kinetik energiya $\Delta E_k = \frac{1}{2} m v^2$ ga ortganda uning massasi $\Delta m = m - m_0$ ga o'zgariganda, $u \Delta m = \Delta E_k / c^2$ ga teng bo'ladi. Jismning umumiy energiyasi ifodasini nisbiylik nazariyasiga asosan Eynshteyn quyidagi ko'rinishini keltirib chiqardi: $E = mc^2 = m_0 c^2 \sqrt{1 - \beta^2}$. (5-7) Demak, relyativistik mexanikada jism yoki jismlar sistemasining to'la energiyasi uning harakatdagi massasi m bilan yorug'lik tezligi kvadrati ko'paytmasiga teng ekan. Bu Eynshteyn formulasi bo'lib, massa va energiyaning o'zaro bog'lanish qonuni deb ataladi. Jismning to'la energiyasi $E = m_0 c^2 + E_k$ teng bo'lib, bu yerda E_k - jismning odatdagi kinetik energiyasi, $E_0 = m_0 c^2$ esa, jismning tinchlikdagi energiyasi. Tinchlikda massaga ega bo'lgan zarralar, tinchlikdagi massasi $m_0 \neq 0$ bo'lgan zarraga aylanganda, uning tinchlikdagi energiyasi yangi paydo bo'lgan zarraning kinetik energiyasiga aylanadi. Bu esa zarra yoki jismning tinchlikdagi energiyasi mavjudligining amaliy isbotidir.



Nisbiylik nazariyasida jismning kinetik energiyasi quyidagicha aniqlanadi: $p = m_0 c \sqrt{1 - v^2/c^2}$ va $E = m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2}$ formulalardan energiya bilan impuls orasidagi bog'lanishni aniqlash mumkin. Bu formulani quyidagi ko'rinishda yozamiz. Bu tenglamalardan

$$E^2 = (m_0 c^2)^2 + (p \cdot c)^2$$

Formulani keltirib chiqarish mumkin. Bundan yana bir marta xulosa kelib chiqadi. Agar jism yoki zarra tinch holda bo'lsa, uning impulsi $p = 0$ teng va u holda to'la energiya $E^2 = E_0^2 = (m_0 c^2)^2$ tinchlikdagi energiyaga teng bo'ladi. Bu formuladan zarra massaga ega bo'lmasa ham, ($m_0 = 0$) u energiya va impulsga ega bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi, ya'ni $E = p \cdot c$. Bunday zarralar massasiz zarralar deyiladi. Bunday zarralarga misol qilib fotonni keltirishimiz mumkin va uning tinchlikdagi massasi nolga teng, lekin u impulsiga ham, energiyaga ham ega. Massasiz zarralar tinch holda mavjud emas va ular barcha inersial sanoq sistemalarida chegaraviy tezlik c bilan harakatlanadi.

Mavzu yuzasidan savollar:

1. Dinamikaning asosiy qonuni relyativistik mexanika uchun qanday ifodalanadi?
2. Massa bilan energiya orasidagi bog'lanish qonunining relyativistik formulasini yozing va uni ta'riflang.

3. Tinchlikdagi energiya formulasini yozing va uni tavsiflang