

Uwarunkowania fizyczne zakrzywienia przestrzeni

Ogólna teoria względności opisuje grawitację jako zakrzywienie czasoprzestrzeni. Pojawia się pytanie: jak grawitacja zakrzywia czasoprzestrzeń? We „Wstępie do ogólnej teorii względności” (str. 184) Bernard F. Schutz omawiając przejście od geometrii różniczkowej do grawitacji formułuje następujący postulat „musimy powiedzieć, jak jest generowana lub określana krzywizna przez obiekty w czasoprzestrzeni.” Niestety postulat ten nie jest poddany analizie i ma charakter retoryczny.

Punktem wyjścia analizy tego, jak może być generowana krzywizna czasoprzestrzeni jest odkształcenie sprężyste makroskopowych obiektów. Wydaje się, że najlepszą analogią osi (współrzędnych) przestrzennych czasoprzestrzeni są smukłe pręty. Dla osi czasowej czasoprzestrzeni trudno jest jednak znaleźć makroskopowy obiekt, którego odkształcenie sprężyste mogłoby być analogią dla jej zakrzywienia. Jeżeli pojęcie współrzędnych przestrzeni jest oczywiste, a także oczywiste jest pojęcie długości jako parametru opisującego współrzędne przestrzeni, to czas nie jest pojęciem oczywistym i wymaga zdefiniowania. Stąd dalsze analizy dotyczą trójwymiarowej przestrzeni, a nie czasoprzestrzeni.

Odształcenie obiektu makroskopowego wymaga działania siły na odkształcany obiekt. Bernard F. Schutz omawiając zasadę równoważności (str. 126) stwierdza: „musimy mieć pomysł, czym jest siła.” Niestety tutaj także nie ma próby zdefiniowania siły i stwierdzenie ma charakter retoryczny. Zanim będzie możliwe zdefiniowanie siły będziemy posługiwali się pojęciem „czynnika wywołującego odkształcenie”. Sprężystość przestrzeni powoduje, że po zaprzestaniu działania czynnika wywołującego odkształcenie przestrzeń powraca do stanu nieodkształconego. W zależności od tego, jak „przyłożony” jest czynnik wywołujący odkształcenie, obiekt odkształcany może być ściskany, rozciągany, skręcany lub zginany. Odształcenie będące zakrzywieniem można wywołać przez zginanie lub ściskanie. Odształcenie sprężyste wywołane przez zginanie lub ściskanie dotyczy obiektów, które są „sprężyste sztywne”. Do zginania smukłego pręta konieczne jest „przyłożenie” czynnika wywołującego odkształcenie składającego się z dwóch „momentów gnących” lub trzech „sił”. W przypadku zginania nie ma możliwości określenia przy pomocy analogii makroskopowej czym mogłyby być dwa „momenty gnące” lub trzy „siły” i jak przy pomocy grawitacji można do przestrzeni „przyłożyć” dwa „momenty gnące” lub trzy siły, niezależnie od tego, jak siły grawitacyjne byłyby zdefiniowane.

W przypadku ściskania zakrzywienie smukłego pręta jest jego wyboczeniem. Jeżeli ściskanie przestrzeni jest lokalne, to lokalny fragment przestrzeni może być ściskany przez przestrzeń ją otaczającą. Warunkiem lokalnego ściskania jest lokalne zaburzenie (fluktuacja) „sztywności” przestrzeni. Lokalne zaburzenie „sztywności” powoduje, że lokalnie „sztywność” przestrzeni jest mniejsza od „sztywności” przestrzeni otaczającej. Przestrzeń o zaburzonej „sztywności” nie równoważy wówczas „sztywności” otaczającej ją przestrzeni i przestrzeń o zaburzonej „sztywności” jest ściskana przez otaczającą ją przestrzeń. Przestrzeń taką nazywamy przestrzenią elementarną. Zaburzenie „sztywności” może dotyczyć jednej osi, dwóch osi lub wszystkich trzech przestrzeni. Przestrzeń elementarna może być ściskana w jednej osi, w dwóch osiach lub we wszystkich trzech osiach.

Wielkość wyboczenia jest ograniczona. Ściskaniem smukłego pręta nie można przekroczyć kąta wygięcia 180° . Z analogii do ściskania smukłego pręta wynika, że wielkość zakrzywienia przestrzeni jest ograniczona.

W analizie fizycznych uwarunkowań zakrzywienia przestrzeni ograniczenie wielkości zakrzywienia przestrzeni jest jedynym ograniczeniem nałożonym na geometrię przestrzeni i jej opis matematyczny. Ograniczenie to jest słuszne nie tylko dla przestrzeni zakrzywionej, ale dla każdej przestrzeni odkształcanej przez lokalne ściskanie. Analiza tego, jak ograniczenie wielkości odkształcenia przestrzeni wpływa na matematyczny opis geometrii przestrzeni wykracza poza zakres fizycznych uwarunkowań zakrzywienia przestrzeni.

1. Parametry zakrzywienia przestrzeni

Analizowana przestrzeń trójwymiarowa opisywana jest przy pomocy trzech prostopadłych do siebie długości. Przy trzech prostopadłych do siebie długościach zdefiniowane jest jeszcze pole powierzchni i objętość. Zakrzywienie przestrzeni elementarnej wywołane ściskaniem powoduje, że przestrzeń elementarna różni się od otaczającej ją przestrzeni długością, powierzchnią lub objętością.

Wielkość przestrzeni otaczającej przestrzeń elementarną powoduje, że ściskanie przestrzeni elementarnej wywołuje pomijalnie małe zakrzywienie przestrzeni otaczającej. Przestrzeń otaczająca przestrzeń elementarną określana jako przestrzeń otoczenia może być w związku z tym traktowana jako przestrzeń niezakrzywiona.

Parametry opisujące zakrzywienie przestrzeni elementarnej są albo stosunkiem długości, powierzchni lub objętości przestrzeni elementarnej po zakrzywieniu do długości, powierzchni lub objętości przed zakrzywieniem, albo są stosunkiem różnicy tych parametrów po zakrzywieniu i przed zakrzywieniem do parametru przed zakrzywieniem.

Do opisu zakrzywienia przestrzeni elementarnej potrzebne są dwa parametry: parametr skalarny opisujący ilość zakrzywienia i parametr wektorowy opisujący kierunek zakrzywienia. Parametrem skalarnym jest zmiana objętości przestrzeni wywołana ściskaniem. Zmianę objętości przestrzeni określamy jako względne zakrzywienie (przestrzeni). Względne zakrzywienie (h) jest równe względnej zmianie objętości

$$h = \frac{V}{V_0}$$

Przestrzeń niezakrzywioną ($h = 1$) nazywamy przestrzenią płaską. Względne zakrzywienie przestrzeni niezakrzywionej $h = 1$ oznacza, że względne zakrzywienie jest iloczynem względnego zakrzywienia w każdej osi

$$h = 1 = 1 \times 1 \times 1 = h_x \times h_y \times h_z$$

Osie przestrzeni X, Y, Z są nierozróżnialne i względne zakrzywienie w każdej osi zakrzywionej jest takie same. Dla przestrzeni ściskanej względne zakrzywienie jest mniejsze od jeden. Wielkość względnego zakrzywienia w jednej osi określone symbolem s nazywamy stałą zakrzywienia względnego.

$$h_i = s < 1$$

Parametrem wektorowym jest zmiana długości przestrzeni wywołana ściskaniem. Zmianę długości przestrzeni określamy jako zakrzywienie liniowe (przestrzeni). Zakrzywienie liniowe (f) jest równe względnej różnicy długości

$$f = \frac{\Delta l}{l_0}$$

Dla przestrzeni niezakrzywionej zakrzywienie liniowe ma wartość zero ($f = 0$). Dla przestrzeni ściskanej zakrzywienie liniowe ma wartość ujemną.

W zależności od kierunków zaburzenia „sztywności” i wynikających z tego kierunków ściskania przestrzeni elementarnej przez przestrzeń otoczenia możliwe są trzy rodzaje przestrzeni elementarnych:

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. przestrzeń zakrzywiona w jednej osi | $h_x = s; h_y = h_z = 1; h_1 = s$ |
| 2. przestrzeń zakrzywiona w dwóch osiach | $h_x = h_y = s; h_z = 1; h_2 = s^2$ |
| 3. przestrzeń zakrzywiona w trzech osiach | $h_x = h_y = h_z = s; h_3 = s^3$ |

2. Fizyczna interpretacja lokalnego zaburzenia sztywności przestrzeni

Lokalne zaburzenie „sztywności” powoduje, że w obszarze zaburzenia określanym jako przestrzeń elementarna „sztywność” przestrzeni jest mniejsza niż w przestrzeni niezaburzonej określanej jako przestrzeń otoczenia i przestrzeń otoczenia ściska przestrzeń elementarną. Z analogii makroskopowej można wnioskować, że różnica zakrzywienia liniowego Δf wywołana ściskaniem powoduje działanie o zwrocie przeciwnym nazywane siłą (F)

$$F + \Delta f = 0$$

W momencie utraty „sztywności” przestrzeń elementarna nie jest zakrzywiona i nie działają w niej żadne siły. Ściskanie przestrzeni elementarnej wynikające z różnicy „sztywności” jest efektem działaniem różnicy ciśnienia. Ciśnienie p odpowiadające „sztywności” przestrzeni jest iloczynem skalarnym względnego zakrzywienia h . Wymiar fizyczny ciśnienia jest jednocześnie wymiarem gęstości energii. Stąd utrata „sztywności” przestrzeni jest efektem odebrania z przestrzeni pewnej ilości energii. Nie ma możliwości w ramach omawiania uwarunkowań fizycznych zakrzywienia przestrzeni odpowiedzi na pytanie w jaki sposób energia jest od przestrzeni elementarnej odbierana.

Iloczyn skalarny względnego zakrzywienia przestrzeni elementarnej jako pozostałość gęstości energii jest gęstością masy bezwładnej.

$$\rho = \frac{m}{V} = h^2$$

Gęstość masy bezwładnej przestrzeni elementarnych wynosi

1. przestrzeń zakrzywiona w jednej osi $\rho_1 = s^2$
2. przestrzeń zakrzywiona w dwóch osiach $\rho_2 = s^4$
3. przestrzeń zakrzywiona w trzech osiach $\rho_3 = s^6$

Przy pewnej wartości zakrzywienia przestrzeni elementarnej siła wywołana różnicą zakrzywienia liniowego równoważy różnicę ciśnienia między przestrzenią otoczenia, a przestrzenią elementarną. Stała zakrzywienia względnego s równa jest względnemu zakrzywieniu przestrzeni elementarnej ściskanej w jednej osi, przy którym siła równa różnicy zakrzywienia liniowego równoważy ciśnienie przestrzeni otoczenia.

2.1. Przyczyny ruch w przestrzeni

W makroskopowym obiekcie ściskanie wywołuje ruch na zewnątrz obiektu w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ściskania. Z analogii makroskopowego ściskania wynika, że ściskana przestrzeń porusza się w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ściskania. W przestrzeni zakrzywionej w jednej osi i przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach występuje wewnętrzna różnica zakrzywienia liniowego między osiami zakrzywionymi i niezakrzywionymi, co jest przyczyną ruchu przestrzeni elementarnej w kierunku określonym przez osie niezakrzywione. Przestrzeń zakrzywiona w dwóch osiach porusza się ruchem postępowym w kierunku prostopadłym do płaszczyzny ściskania. Zwrot ruchu jest losowy. Przestrzeń zakrzywiona w jednej osi ma dwa stopnie swobody ruchu: ruch postępowy w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ściskania o losowym kierunku i zwrocie, i ruch obrotowy o losowym kierunku (L, R). W przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach nie występuje wewnętrzna różnica zakrzywienia liniowego. Ściskanie nie wywołuje ruchu przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach.

Ruch przestrzeni elementarnej jest zmianą położenia zakrzywienia przestrzeni względem przestrzeni otoczenia. Przestrzeń jest jednorodna i nie ma możliwości określenia położenia przestrzeni elementarnej względem przestrzeni otoczenia. Położenie przestrzeni elementarnej można określić tylko względem innej przestrzeni elementarnej. Ruchu przestrzeni elementarnej określany względem innych przestrzeni elementarnych jest ruchem względnym.

Długość (l) jako odległość między dwoma położeniami poruszającej się przestrzeni elementarnej jest parametrem przestrzeni i nie zależy od ruchu przestrzeni elementarnej. Parametrem ruchu jest liczba opisująca zmiany położenia przestrzeni elementarnej. Liczba opisująca zmiany położenia przestrzeni elementarnej jest proporcjonalna do długości ruchu. W przestrzeni ciągłej, przy ciągłym ruchu przestrzeni elementarnej ilość zmian położenia przestrzeni elementarnej ma wartość nieskończoną i nie jest parametrem ruchu. W przestrzeni zakrzywionej zmienia się długość. Zamiana długości zmienia wartość liczby opisującej zmiany położenia przestrzeni elementarnej. Liczba opisująca zmiany położenia przestrzeni elementarnej jest proporcjonalna do wielkości zakrzywienia przestrzeni. W przestrzeni niezakrzywionej liczba opisująca zmiany położenia przestrzeni elementarnej jest najmniejsza. Względne zakrzywienie (h) jest odwrotnie proporcjonalne do

zakrzywienia przestrzeni. Dla przestrzeni zakrzywionej liczba opisująca zmiany położenia przestrzeni elementarnej jest odwrotnie proporcjonalny do względnego zakrzywienia przestrzeni, w której odbywa się ruch przestrzeni elementarnej. Liczbę opisującą zmiany położenia przestrzeni elementarnej nazywamy czasem t

$$t = \frac{1}{h} \times l$$

Czas jako liczba opisująca zmianę położenia przestrzeni elementarnej opisuje ruch, który już się odbył. Parametrem opisującym aktualnie odbywający się ruch przestrzeni elementarnej jest prędkość (v)

$$v = \frac{dl}{dt} = h$$

Ruch przestrzeni elementarnej nie jest ruchem przestrzeni jako takiej. Ruch przestrzeni elementarnej jest ruchem zakrzywienia przestrzeni, a bardziej precyzyjnie jest przemieszczaniem się zmiany zakrzywienia przestrzeni.

Prędkość proporcjonalna do względnego zakrzywienia jest prędkością rozchodzenia się zmiany zakrzywienia w przestrzeni.

Zakrzywienie przestrzeni elementarnej jest prostopadłe do kierunku ruchu. W płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ruchu przestrzeni elementarnej zmiana zakrzywienia przestrzeni wywołana ruchem przestrzeni elementarnej rozchodzi się w postaci kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni. Kulista zmiana zakrzywienia przestrzeni jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od miejsca powstania zmiany.

Ruch przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach wywołuje kulistą zmianę zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach prostopadłych do kierunku ruchu.

Ruch przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wywołuje kulistą zmianę zakrzywienia przestrzeni w jednej osi prostopadłej do kierunku ruchu. Zakrzywienie przestrzeni kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi obraca się zgodnie z obrotem zakrzywienia w tej osi. Ze względu na obrót zakrzywienia kulista zmiana zakrzywienia przestrzeni w jednej osi jest sinusoidalnie zmienna.

Kuliste zmiany zakrzywienia przestrzeni sumują się. Sinusoidalny charakter kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi powoduje, że wynik sumowania zależy od częstotliwości obrotu zakrzywienia przestrzeni i fazy obrotu zakrzywienia przestrzeni. W wyniku sumowania kulistych zmian zakrzywienia przestrzeni w jednej osi mogą występować zjawiska falowe, takie jak interferencja, rezonans czy polaryzacja. Sumowanie kulistych zmian zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach nie wywołuje żadnych zjawisk falowych.

2.2. Kinematyczna interpretacja oddziaływania na odległość

Czas ruchu przestrzeni elementarnej jest odwrotnie proporcjonalny do względnego zakrzywienia przestrzeni otoczenia, w której odbywa się ruch. Jeżeli poruszająca się przestrzeń elementarna znajdzie się w zasięgu kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni wytworzonej przez inną poruszającą się przestrzeń elementarną, to względne zakrzywienie przestrzeni otoczenia od strony źródła kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni będzie miało mniejszą wartość niż od strony przeciwnej, a czas ruchu tej przestrzeni elementarnej będzie dłuższy od strony źródła kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni niż od strony przeciwnej. Różnica czasu ruchu strony przestrzeni elementarnej skierowanej do źródła kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni i strony przeciwnej wywoła dodatkowy ruch przestrzeni elementarnej zgodny z kierunkiem różnicy czasu ruchu i przestrzeń elementarna będzie się poruszała ruchem dośrodkowym względem źródła kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni. Przestrzeń elementarna, która porusza się ruchem dośrodkowym względem źródła kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni jest z kolei źródłem kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni dla przestrzeni elementarnej, względem której wykonuje ruch dośrodkowy. Ruchem dośrodkowym względem siebie będą się poruszały obie przestrzenie elementarne. W układzie odniesienia dowolnej przestrzeni elementarnej między obu przestrzeniami elementarnymi wystąpi wzajemne oddziaływanie

przyciągające odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości między przyciągającymi się przestrzeniami elementarnymi.

Matematyczny opis prawdopodobieństwa wystąpienia zjawisk falowych dotyczy własności kwantowych oddziaływania na odległość między przestrzeniami zakrzywionymi w jednej osi. W przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach nie ma wewnętrznej różnicy odkształcenia liniowego. Przestrzeń zakrzywiona w trzech osiach nie porusza się względem przestrzeni otoczenia. Między przestrzeniami zakrzywionymi w trzech osiach nie występuje oddziaływanie na odległość.

2.3. Kinematyczna interpretacja oddziaływania bezpośredniego

Przestrzenie elementarne mogą się ze sobą zderzyć. Od strony zderzenia z drugą przestrzenią elementarną czas ruchu jest wyraźnie dłuższy od czasu ruchu strony przeciwnej. Różnica czasu ruchu powoduje, że zderzające się przestrzenie elementarne poruszają się względem siebie ruchem dośrodkowym i mogą się na siebie nałożyć. Nałożenie przestrzeni elementarnych na siebie nie jest nałożeniem jednej przestrzeni na drugą, a jest sumowaniem zakrzywienia przestrzeni nałożonych na siebie przestrzeni elementarnych. W kierunkach, w których przestrzenie elementarne nie są zakrzywione nałożenie na siebie przestrzeni elementarnych nie wywołuje żadnej zmiany w przestrzeni.

Suma zakrzywienia przestrzeni zderzających się przestrzeni elementarnych może być w jakimś kierunku większa od maksymalnego zakrzywienia przestrzeni. W takiej sytuacji różnica zakrzywienia liniowego maksymalnego zakrzywienia i sumy zakrzywienia liniowego zderzających się przestrzeni elementarnych ma wartość ujemną i siłą o zwrocie odśrodkowy uniemożliwia nałożenie na siebie zderzających się przestrzeni elementarnych. Zderzające się przestrzenie elementarne poruszają się wówczas względem siebie po swoich zewnętrznych powierzchniach.

Zakrzywienie przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach jest największe. Jeżeli zakrzywienie przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach Z będzie mniejsze od zakrzywienia maksymalnego T_{max} , a suma zakrzywienia przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach Z i przestrzeni zakrzywionej w jednej osi X będzie większa od zakrzywienia maksymalnego T_{max} ,

$$Z < T_{max} < Z + X$$

to przestrzeń elementarna zderzając się z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach będzie się poruszała ruchem dośrodkowym po zewnętrznej powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach.

Czas ruchu przestrzeni zakrzywionej w jednej osi zderzającej się z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach po stronie powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach jest wyraźnie większy niż po stronie przeciwnej. Różnica czasu ruchu postępowego przestrzeni zakrzywionej w jednej osi powoduje rozciąganie przestrzeni zakrzywionej w jednej osi na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach w położeniu równikowym. Różnica czasu ruchu obrotowego powoduje rozciąganie przestrzeni zakrzywionej w jednej osi prostopadle do położenia równikowego. Wypadkowe rozciąganie przestrzeni zakrzywionej w jednej osi na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach jest skośne do położenia równikowego i przestrzeń zakrzywiona w jednej osi zsuwa się z powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach.

Czas ruchu przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach zderzającej się z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach po stronie powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach jest wyraźnie większy niż po stronie przeciwnej. Różnica czasu ruchu postępowego przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach powoduje rozciąganie przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach w położeniu równikowym. Po zderzeniu z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach przestrzeń zakrzywiona w dwóch osiach tworzy na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach obracający się pierścień w położeniu równikowym.

Czas ruchu przestrzeni zakrzywionej w jednej osi zderzającej się z obracającym się pierścieniem przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach po stronie styku z pierścieniem przestrzeni

zakrzywionej w dwóch osiach jest wyraźnie większy niż po stronie przeciwnej. Różnica czasu ruchu postępowego przestrzeni zakrzywionej w jednej osi powoduje rozciąganie przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wewnątrz pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach. Różnica czasu ruchu obrotowego przestrzeni zakrzywionej w jednej osi zwiększa wielkość nałożenia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi na pierścień przestrzeni zakrzywionej dwuosiowego. Po zderzeniu z pierścieniem przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach przestrzeń zakrzywiona w jednej osi tworzy obracający się pierścień nałożony na obracający się pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach.

Czas ruchu miejsc pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożoną przestrzenią zakrzywioną w jednej osi jest większy od czasu ruchu miejsc pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach w przestrzeni otoczenia. Zwiększenie czasu ruchu miejsc pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożoną przestrzenią zakrzywioną w jednej osi rozciąga obwodowo pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach, co zwiększa promień ruchu dośrodkowego na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach. Pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonym na niego pierścieniem przestrzeni zakrzywionej w jednej osi ma większą średnicę od pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach (bez nałożonego na niego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi).

Dla poruszającej się ruchem postępowym przestrzeni elementarnej zakrzywienie przestrzeni jest prostopadłe do kierunku ruchu postępowego. Rozciągnięcie przestrzeni elementarnej w obracający się pierścień zmienia przestrzenne położenie zakrzywienia przestrzeni. W układzie odniesienia osi obrotu pierścienia położenie zakrzywienia przestrzeni obracającego się pierścienia można opisać składowymi: promieniową, osiową i obwodową. Możliwe są trzy rodzaje obracających się pierścieni różniące się ilością składowych potrzebnych do opisu położenia zakrzywienia przestrzeni.

Poszczególne składowe zakrzywienia obracającego się pierścienia nie różnią się od siebie i względne zakrzywienie w jednej osi obracającego się pierścienia jest wypadkową składowych i wynosi

$$h_p = \sqrt{n} \times s$$

Względne zakrzywienie dla obracających się pierścieni wynosi

1. pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi $h_{p1} = h_p \times 1 \times 1 = \sqrt{n} \times s$
2. pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach $h_{p2} = h_p \times h_p \times 1 = n \times s^2$

2.3.1. Kinematyczna interpretacja znaku pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi

Jeżeli przekrój poprzeczny pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi będzie mniejszy od przekroju poprzecznego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach, to pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi nie będzie się stykał z powierzchnią przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach i ruch obrotowy pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi będzie niezależny od ruchu obrotowego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach. Losowo obroty pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi i pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach będą zgodne lub przeciwne.

Przy przeciwnych obrotach czas jednego pełnego obrotu pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi będzie dłuższy niż przy obrotach zgodnych. Czas ruchu zależy od zakrzywienia przestrzeni, w której ruch się odbywa. Z różnicy czasu ruchu przy obrotach zgodnych i przeciwnych wynika, że zakrzywienie przestrzeni nałożonych na siebie pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi jest większe przy obrotach przeciwnych niż przy obrotach zgodnych. Zakrzywienie przestrzeni nałożonych na siebie przestrzeni elementarnych się sumuje. Przy dłuższym czasie ruchu (obroty przeciwne) zakrzywienie przestrzeni jest sumą zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach i jednej osi. Przy krótszym czasie ruchu (obroty zgodne) zakrzywienie przestrzeni jest różnicą zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach i jednej osi. Przy przeciwnych obrotach zakrzywienie przestrzeni jest w jednej osi większe od zakrzywienia

przestrzeni w dwóch osiach. Przy obrotach zgodnych zakrzywienie przestrzeni jest w jednej osi mniejsze od zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach.

Przy zgodnych obrotach pierścieniowi przestrzeni zakrzywionej w jednej osi przypisujemy znak dodatni. Przy przeciwnych obrotach pierścieniowi przestrzeni zakrzywionej w jednej osi przypisujemy znak ujemny. Kulista zmiana zakrzywienia przestrzeni generowana przez obracający się pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi jest różnicą między kulistą zmianą zakrzywienia przestrzeni generowaną przez obracające się pierścienie przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i przestrzeni zakrzywionej w jednej osi, a kulistą zmianą zakrzywienia przestrzeni generowaną przez sam obracający się pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach. Przy dodatnim znaku przypisywanym pierścieniowi przestrzeni zakrzywionej w jednej osi różnica jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od źródła. Zakrzywienie przestrzeni przenoszone przez dodatnią kulistą zmianę zakrzywienia przestrzeni maleje. Przy ujemnym znaku przypisywanym pierścieniowi przestrzeni zakrzywionej w jednej osi różnica jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości od źródła ze znakiem ujemnym. Zakrzywienie przestrzeni przenoszone przez ujemną kulistą zmianę zakrzywienia przestrzeni rośnie.

2.3.2. Zależność oddziaływania kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni od znaku

Jeżeli obracający się dodatni pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi znajdzie się w zasięgu dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni, to względne zakrzywienie przestrzeni otoczenia od strony źródła dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni będzie miało mniejszą wartość niż od strony przeciwnej, a czas ruchu dodatniego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi będzie dłuższy od strony źródła dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni niż od strony przeciwnej. Różnica czasu ruchu strony dodatniego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi skierowanej do źródła dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni i strony przeciwnej wywoła dodatkowy ruch dodatniego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi zgodny z kierunkiem różnicy czasu ruchu i dodatni pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi będzie się poruszała ruchem dośrodkowym względem źródła dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni.

Zmiana znaku pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi zmienia znak różnicy czasu ruchu. Dodatni pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi znajdujący się w zasięgu ujemnej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi będzie się poruszał ruchem odśrodkowym względem źródła ujemnej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni. Ujemny pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi znajdujący się w zasięgu ujemnej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi będzie się poruszał ruchem dośrodkowym względem źródła ujemnej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni. Ujemny pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi znajdujący się w zasięgu dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi będzie się poruszał ruchem odśrodkowym względem źródła dodatniej kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni.

2.3.3. Ruch przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach

Ruch przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach może być wywołany bezpośrednim oddziaływaniem innej przestrzeni elementarnej. Jeżeli w wyniku bezpośredniego oddziaływania innej przestrzeni elementarnej przestrzeń trzyosiowa zostanie odkształcona niesymetrycznie, to siła równa różnicy odkształceń liniowych wywoła ruch przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach.

Po zderzeniu z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach przestrzeń zakrzywiona w dwóch osiach tworzy na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach obracający się w położeniu równikowym pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach. Oddziaływanie pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z kulistą zmianą zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach zsuwa pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach.

Jeżeli na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach obracają się trzy pierścienie przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach, to w wyniku wzajemnego oddziaływania między pierścieniami w miejscach nałożenia pierścieni na siebie osie obrotu pierścieni będą wzajemnie prostopadłe i oddziaływanie kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach nie zsunie pierścieni z powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach. Różnica czasu ruchu pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach od strony źródła kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni i strony przeciwnej odkształca pierścienie. Odkształcenie pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach odkształca przestrzeń zakrzywioną w trzech osiach. Siła równa różnicy odkształceń liniowych wywołuje ruch przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach.

W ruchu dośrodkowym składowa obwodowa jest proporcjonalna do promienia ruchu, a składowa promieniowa jest odwrotnie proporcjonalna do promienia ruchu. Promień ruchu dośrodkowego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach wywołanego oddziaływaniem kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach jest porównywalny z odległością między pierścieniami oddziałującymi na siebie. Składowa promieniowa ruchu dośrodkowego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i oddziaływanie przyciągające kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach na przestrzeń zakrzywioną w trzech osiach są pomijalnie małe.

2.3.3.1. Ruch przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach wywołany kulistą zmianą zakrzywienia przestrzeni w jednej osi

Pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi nałożony na pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach nie styka się z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach. Odkształcenie pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wywołane oddziaływaniem z kulistą zmianą zakrzywienia przestrzeni w jednej osi jest odkształceniem pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach o przeciwnym znaku. Odkształcenie (o przeciwnym znaku) pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach odkształca przestrzeń zakrzywioną w trzech osiach. Siła równa różnicy odkształceń liniowych przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach ma przeciwny znak do siły działającej na pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi. Przy zgodnych znakach pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi i kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi przestrzeń trzyosiowa wykonuje ruch odśrodkowy. Przy przeciwnych znakach pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi i kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi przestrzeń trzyosiowa wykonuje ruch dośrodkowy.

Promień ruchu dośrodkowego (odśrodkowego) pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wywołanego oddziaływaniem kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi jest porównywalny z odległością między pierścieniami oddziałującymi na siebie. Składowa promieniowa ruchu dośrodkowego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi jest pomijalnie mała. Promień ruchu odśrodkowego (dośrodkowego) pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach wywołanego oddziaływaniem kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi na pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi jest porównywalny z wielkością pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach. Składowa obwodowa ruchu odśrodkowego (dośrodkowego) pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach jest pomijalnie mała.

Przy oddziaływaniu kulistej zmiany przestrzeni zakrzywionej w jednej osi na pierścień przestrzeni zakrzywionej w jednej osi składowa obwodowa ruchu odśrodkowego (dośrodkowego) przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach zależy od składowej obwodowej ruchu pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi, a składowa promieniowa ruchu odśrodkowego (dośrodkowego) przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach zależy od składowej promieniowej ruchu pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i oddziaływanie przyciągające (odpychające) kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi na przestrzeń zakrzywioną w trzech osiach jest bardzo duże.

Oddziaływanie kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w jednej osi na przestrzeń zakrzywioną w trzech osiach jest o wiele rzędów większe od oddziaływania kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach przestrzeni zakrzywioną w trzech osiach.

2.3.4. Kształt przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach

Przestrzeń zakrzywiona w trzech osiach ma kształt kuli. Nałożenie na powierzchnie przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach trzech prostopadłych do siebie obracających się pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach tworzy strukturę podobną do kuli o symetrii środkowej. Pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonym na niego pierścieniem przestrzeni zakrzywionej w jednej osi ma większą średnicę od pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach bez nałożonego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi. Nałożenie na powierzchnie przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach trzech prostopadłych do siebie obracających się pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z obracającymi się wewnątrz nich pierścieniami przestrzeni zakrzywionej w jednej osi tworzy strukturę podobną do kuli o symetrii środkowej i większej średnicy.

Nałożenie na powierzchnię przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach różniących się średnicą zmienia kształt przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach z kuli na elipsoidę obrotową. Tylko jeden pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach ma wówczas kształt kołowy. Dwa pozostałe pierścienie przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach mają kształt eliptyczny.

Struktura z jednym pierścieniem przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonym pierścieniem przestrzeni zakrzywionej w jednej osi ma kształt podobny do elipsoidy obrotowej spłaszczonej. Struktura z dwoma pierścieniami przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonymi pierścieniami przestrzeni zakrzywionej w jednej osi ma kształt podobny do elipsoidy obrotowej wydłużonej. Zmiana kształtu kulistej przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach z kuli na elipsoidę obrotową nie zmienia objętości przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach. Dla przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach o kształcie spłaszczonej elipsoidy obrotowej otrzymujemy zależność

$$\frac{4}{3} \times \pi \times a^2 \times b = \frac{4}{3} \times \pi \times R^3$$

W spłaszczonej elipsoidzie obrotowej kołowy pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonym pierścieniem jednoosiowym o większej średnicy odkształca kołowe pierścienie przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach bez nałożonych pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi o mniejszej średnicy w kształt eliptyczny. W przekroju eliptycznym przestrzeń zakrzywiona w trzech osiach jest ściskana w krótszej półosi elipsy. Zwiększenie zakrzywienia przestrzeni w krótszej półosi elipsy zmniejsza zakrzywienie przestrzeni w dłuższej półosi. Suma zakrzywienia liniowego w krótszej i dłuższej półosi elipsy przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach o kształcie spłaszczonej elipsoidy obrotowej równa jest zero

$$\frac{a-R}{R} + \frac{b-R}{R} = 0$$

Dla spłaszczonej elipsoidy obrotowej otrzymujemy równanie

$$\left(\frac{a}{b}\right)^3 - 5 \times \left(\frac{a}{b}\right)^2 + 3 \times \frac{a}{b} + 1 = 0$$

Stosunek dłuższej półosi do krótszej półosi wynosi

$$\frac{a}{b} = \sqrt{5} + 2$$

Przy kulistym kształcie przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach względne zakrzywienie w każdej osi jest równe stałej zakrzywienia względnego

$$\frac{R}{R_0} = s$$

Różnice zakrzywienia liniowego w poszczególnych osiach przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach o kształcie elipsoidy obrotowej zmniejszają wartość względnego zakrzywienia w kierunku krótszej półosi elipsy i zwiększają wartość względnego zakrzywienia w kierunku dłuższej półosi elipsy do wartości równej jeden.

$$1 = \frac{R_0}{R_0} = \frac{R}{R_0} \times \frac{R_0}{R} = s \times \frac{R_0}{R}$$

$\frac{R_0}{R}$ określa względne zmniejszenie ściskania przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach do stanu niezakrzywionego przy zmianie kształtu z kuli na elipsoidę obrotową. Zakrzywienie przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach w przekroju eliptycznym zmienia się w dwóch osiach i zależy od kwadratu stosunku dłuższej półosi elipsy do krótszej półosi elipsy. Zmiana kształtu przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach w elipsoidę obrotową następuje w dwóch prostopadłych do siebie przekrojach eliptycznych. Względne zmniejszenie ściskania w dłuższej półosi elipsy przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach do stanu niezakrzywionego jest sumą zmiany kształtu w obu przekrojach eliptycznych

$$\frac{R_0}{R} = \left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{a}{b}\right)^2$$

Stała zakrzywienia względnego wynosi

$$s = \frac{9-4\sqrt{5}}{2}$$

2.3.4.1. Wielkość kulistej przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach

Powstanie pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach wynika z różnicy czasu ruchu części przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach stykającej się z przestrzenią zakrzywioną w trzech osiach i części poruszającej się po stronie przeciwnej. Prędkość ruchu pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach jest równa względnemu zakrzywieniu przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach

$$v = s^3$$

Maksymalna wartość przyspieszenia dośrodkowego, z jakim przestrzeń zakrzywiona w dwóch osiach może poruszać się na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach jest równa jeden. Minimalny promień powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach dla obracającej się przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach o najmniejszej bezwładności wynosi

$$R = \frac{v^2}{a_r} = \frac{s^3^2}{1} = s^6 = \left(\frac{9-4\sqrt{5}}{2}\right)^6 = 4,68 \times 10^{-10}$$

Promień przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach związany jest z przyspieszeniem dośrodkowym pierścienia obracającego się na powierzchni przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach i jest proporcjonalna do gęstości masy bezwładnej pierścienia

$$R = k \times \rho_p$$

Współczynnik proporcjonalności obliczmy dla $n=1$

$$R = k \times \rho_{yp} = k \times n^2 \times s^4 = k \times s^4 = s^6 \quad k = s^2$$

Promień przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach dla pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach bez nałożonych pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wynosi

$$R_2 = n^2 \times s^6 \quad R_{21} = 4,68 \times 10^{-10} \quad R_{22} = 6,62 \times 10^{-10} \quad R_{23} = 8,1 \times 10^{-1}$$

Promień przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach dla pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonymi pierścieniami przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wynosi

$$R_1 = n \times s^4 \quad R_{11} = 6,03 \times 10^{-7} \quad R_{12} = 8,52 \times 10^{-7} \quad R_{13} = 1,04 \times 10^{-6}$$

W jednostkach naturalnych przestrzenie elementarne są wielokrotnie mniejsze od długości Plancka.

2.3.5. Bezwładność pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i w jednej osi

Przebieg zakrzywiona w dwóch osiach tworząc pierścień jest rozciągana kinematycznie od wartości jednostkowej ($\sqrt{n}$) do wartości pełnego obwodu ($2 \times \pi$). W płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozciągania kinematycznego obwód pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach zmniejsza się do wartości jednostkowej. Pierścień przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach jest toroidem o promieniu ($R = R_n + r$) i przekroju kołowym o promieniu (r). Stosunek promienia przekroju porzecznego pierścienia do promienia ruchu dośrodkowego jest odwrotnością rozciągnięcia

$$\frac{r}{R} = \frac{\sqrt{n}}{2 \times \pi}$$

Objętość trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach (bez nałożonych pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi) wynosi

$$V_{p2} = \frac{3}{2} \times \left(1 + \frac{\sqrt{n}}{2 \times \pi}\right) \times n^7 \times s^{18} = 1,54 \times 10^{-28} \times \left(1 + \frac{\sqrt{n}}{2 \times \pi}\right) \times n^7$$

Bezwładność trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach (bez nałożonych pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi) wynosi

$$M_{p2} = \frac{3}{2} \times \left(1 + \frac{\sqrt{n}}{2 \times \pi}\right) \times n^9 \times s^{22} = 9,27 \times 10^{-35} \times \left(1 + \frac{\sqrt{n}}{2 \times \pi}\right) \times n^9$$

$$M_{p21} = 1,07 \times 10^{-34} \quad M_{p22} = 5,81 \times 10^{-32} \quad M_{p2} = 2,33 \times 10^{-3}$$

Utworzenie pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach rozciąga kinematycznie przestrzeń dwuosiową do wartości 2π . Kolejne rozciągnięcie kinematyczne przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach wywołane nałożeniem pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi opisuje zmiana pola przekroju poprzecznego pierścienia wywołaną rozciągnięciem kinematycznym pierścienia.

Rozciągnięcie kinematyczne pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach przez nałożenie pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi zmniejsza pole przekroju poprzecznego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach do wartości jednostkowej

$$\frac{\pi \times r_{yx}^2}{\pi \times r_y^2} = \frac{\sqrt{n}}{\pi}$$

Pole przekroju poprzecznego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w jednej osi jest mniejsze od pola przekroju poprzecznego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i stanowi jednostkową część pola przekroju poprzecznego pierścienia przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach

$$\frac{\pi \times r_x^2}{\pi \times r_{yx}^2} = \frac{\sqrt{n}}{\pi}$$

Objętość trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wynosi

$$V_{p1} = \frac{3}{2 \times \pi^2} \times \left(1 + \frac{\frac{3}{n^4}}{\frac{3}{\pi^2}} - \frac{n}{2 \times \pi^2}\right) \times n^6 \times s^{12} = 3,33 \times 10^{-20} \left(1 + \frac{\frac{3}{n^4}}{\frac{3}{\pi^2}} - \frac{n}{2 \times \pi^2}\right) \times n^6$$

Bezwładność trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi wynosi

$$M_{p1} = \frac{3}{2 \times \pi^2} \times \left(1 + \frac{\frac{3}{n^4}}{\frac{3}{\pi^2}} - \frac{n}{2 \times \pi^2}\right) \times n^7 \times s^{14} = 2,58 \times 10^{-23} \left(1 + \frac{\frac{3}{n^4}}{\frac{3}{\pi^2}} - \frac{n}{2 \times \pi^2}\right) \times n^7$$

$$M_{p11} = 2,92 \times 10^{-23} \quad M_{p12} = 3,97 \times 10^{-21} \quad M_1 = 7,11 \times 10^{-20}$$

3. Wnioski

Uwzględniając uwarunkowania fizyczne zakrzywienie przestrzeni jest wyboczeniem. Wyboczenie jest odkształceniem obszaru przestrzeni o obniżonym ciśnieniu, określanego jako przestrzeń elementarna, ściskanego przez otaczającą go przestrzeń.

Wnioski, jakie wynikają z przeprowadzonych analiz dotyczą nie tylko wyboczenia, ale dowolnego rodzaju odkształcenia przestrzeni wywołanego lokalnym ściskaniem. Wnioski te nie zależą od tego, jak matematycznie opisujemy geometrię przestrzeni.

Ściskanie przestrzeni elementarnej w dwóch osiach lub w jednej osi jest przyczyną ruchu przestrzeni elementarnej. Czas ruchu (i prędkość) zależą od wielkości zakrzywienia przestrzeni, a różnica czasu ruchu (i prędkości) wyjaśnia przyczyny oddziaływania przyciągającego między przestrzeniami elementarnymi.

Wielkość zakrzywienia przestrzeni jako wyboczenia jest ograniczona. Próba przekroczenia maksymalnej wielkości zakrzywienia przez nałożenie kulistych zmian zakrzywienia przestrzeni zmienia znak oddziaływania z przyciągającego na odpychające, co uniemożliwia zwiększenie wielkości zakrzywienia przestrzeni ponad wartość maksymalną. Względne zakrzywienie jest odwrotnie proporcjonalne do zakrzywienia przestrzeni i maksymalnej wartości zakrzywienia przestrzeni odpowiada minimalna wartość względnego zakrzywienia. Z warunku tworzenia się struktur opartych na przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach

$$(Z < T_{max} < Z + X) \rightarrow \left(\frac{1}{s^3} < \frac{1}{h_{min}} < \frac{1}{s^3} + \frac{1}{s} \right)$$

wynika, że minimalna wartość względnego zakrzywienia h_{min} zawarta jest w granicach $2,1617 \times 10^{-5} < h_{min} < 2,1634 \times 10^{-5}$

Ponieważ prędkość rozchodzenia się zmiany zakrzywienia w przestrzeni jest proporcjonalna do względnego zakrzywienia, to przy bardzo małej, ale skończonej minimalnej wartości względnego zakrzywienia nie istnieje powierzchnia przez którą nie byłby możliwy ruch zmiany zakrzywienia przestrzeni w dowolnym kierunku. Oznacza to, że powierzchnia określana jako horyzonty zdarzeń i obiekt określany jako czarna dziura są obiektami matematycznymi, których powstanie w rzeczywistej przestrzeni fizycznej jest niemożliwe.

Uwzględniając własności kulistych zmian zakrzywienia przestrzeni wywołanych ruchem przestrzeni elementarnych polu grawitacyjnemu odpowiada kulista zmiana zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach, a polu elektromagnetycznemu odpowiada suma (znak dodatni) lub różnica (znak ujemny) kulistej zmiany zakrzywienia przestrzeni w dwóch osiach i jednej osi.

Struktury złożone z przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach i trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach odpowiadają własnościami neutronom. Struktury złożone z przestrzeni zakrzywionej w trzech osiach i trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach z nałożonymi pierścieniami przestrzeni zakrzywionej w jednej osi odpowiadają własnościami elektronom.

W jednostkach naturalnych bezwładność trzech pierścieni przestrzeni zakrzywionej w jednej osi jest porównywalna z bezwładnością elektronów (elektron, mion, taon).

Znak ładunku elektrycznego jest znakiem sumy lub różnicy zakrzywienia przestrzeni nałożonych na siebie pierścieni przestrzeni zakrzywionej w dwóch osiach i jednej osi, a nie znakiem zakrzywienia przestrzeni.

Ładunek elementarny równy jest trzem stałym zakrzywienia względnego. Teoretyczna wartość stałej struktury subtelnej wyprowadzona dla idealnego kształtu spłaszczonej elipsoidy obrotowej (w warunkach statycznych) bez uwzględnienia wpływu na kształt ruchu poszczególnych składników struktury wynosi

$$\alpha = e^2 = (3 \times s)^2 = \left(3 \times \frac{9 - 4 \times \sqrt{5}}{2} \right)^2 = \frac{1}{143}$$