

Temporal Behavior of Complex Systems: From Microworld to Macroworld

A. L. Kuzemsky¹

Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Russia

Abstract

The aim of this work is to discuss concisely the modern paradigm of the concept of time and to analyze its relevance and applicability in the context of classical and relativistic physics. We are touching briefly the different notion of time in classical and quantum mechanics and in special and general relativity to analyze their compatibility or incompatibility. In quantum mechanics we deal with the absolute character of Newtonian (dynamical) time, whereas in quantum field theories we consider the Minkowski metric as the background space-time (at least partially). Classical general relativity is characterized by a dynamical spacetime, but as regards to the quantum gravity the situation is more complicated. We discussed the consequences which these circumstances cause in the quantum gravity theory ("time paradox") when attempt to operate with both the dynamical spacetime and the so-called "non-dynamical" time. We analyzed critically whether the last notion may be justified with the aid of an analogy with the "coarse grain" averaging procedure in statistical thermodynamics.

Citation: *Physics of Particles and Nuclei*, (2023), Vol. 54, No. 5, pp. 843-868.

Временная эволюция сложных систем: От микромира к макромиру

А. Л. Куземский

Объединенный Институт Ядерных Исследований, 141980 Дубна, Россия

В данном обзоре рассмотрены некоторые принципиальные подходы к описанию концепции времени в контексте классической и релятивистской физики. Обсуждаются понятия времени в классической и квантовой механике, а также в специальной и общей теории относительности. В отличие от этих дисциплин теория квантовой гравитации представляет серьезную проблему в связи с трудностью объединения концепции времени в квантовой механике (абсолютное время Ньютона) и в общей теории относительности. Существуют подходы доказывающие их полную несовместимость, что называется "парадоксом времени". В петлевой теории квантовой гравитации предлагается разрешение этого парадокса с помощью использования понятия "теплового" времени, которое вводится при переходе от микрошкалы к макрошкале по аналогии с крупнозернистым усреднением в статистической термодинамике. Данное положение обсуждено и проанализировано критически.

¹E-mail:kuzemsky@theor.jinr.ru; <http://theor.jinr.ru/~kuzemsky>