**Междисциплинарность как научное направление**

**Павел Васильевич КОРОЛЕНКО**

*доктор физико-математических наук*

*профессор кафедры оптики, спектроскопии и физики наносистем*

*Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова*

***Аннотация.*** *Последовательно рассмотрены признаки, позволяющие рассматривать междисциплинарное исследование как самостоятельную научную работу. Обсуждаются методическое и методологическое обеспечение междисциплинарности в учебном процессе.*

***Ключевые слова***: междисциплинарность, трансдисциплинарность, природоподообные системы, фракталы, арттерапия, динамический хаос.

*Interdisciplinarity as a scientific direction*

***Abstract.*** The features that allow considering interdisciplinary research as an independent scientific work are consistently considered. The methodological and methodological support of interdisciplinarity in the educational process are discussed..

***Keywords:*** interdisciplinarity, transdisciplinarity, nature-like systems, fractals, art therapy, dynamic chaos..

На страницах научных журналов в рамках конвергенции, объединяющей естественно-научные и социо-гуманитарные направления, получили освещение комплексные междисциплинарные проекты фундаментальных и социально-биологических исследований. Однако их методическая и методологическая основа оказалась проработанной не в полной мере, что является препятствием для освоения соответствующих вопросов в учебном процессе. [1-4]

При этом преподавателями отмечается, что, несмотря на многочисленные примеры междисциплинарных исследований, проводимых в разных организациях по разным направлениям, в литературе отсутствует общенаучная характеристика феномена междисциплинарности. В ходе обмена мнениями в научном и педагогическом сообществах стала формироваться точка зрения, согласно которой саму междисциплинарность следует рассматривать как самостоятельное научное направление. Предметом выполняемых в рамках этого направления исследований может стать изучение наиболее общих законов развития природных и социальных систем на основе конвергенции знаний и создания сообщества трансдисциплинарных исследователей-профессионалов. Существенно, что в настоящее время сформировался свой оригинальный инструментарий проводимых междисциплинарных исследований (достаточно отметить создание фемтосекундных рентгеновских лазеров, позволяющих изучать процессы формирования материальных структур по принципу «снизу-вверх»). Сформировалась также обширная экспериментальная база когнитивных и медико-биологических исследований. Широкое распространение получила концепция создания природоподобных систем, базирующаяся на использовании, в частности, фрактальных представлений, применении методов математической статистики и детерминированного хаоса, общих положений теории информации. В учебном процессе в рамках различных курсов лекций подчеркивается, что междисциплинарные технологии позволяют успешно решать такие задачи, как создание искусственного интеллекта; производство продуктов питания, микроорганизмов, белков и ферментов; сохранение окружающей среды, биотопливо. Как и многие другие получившие признание научные направления, определяющие структуру научного знания, междисциплинарность обладает системой признаков, дающих возможность говорить о самостоятельном научном направлении, обладающем необходимым наборам признаков: определенной находящейся в центре внимания решаемой конкретной задачей, существованием адекватного физико-математического аппарата, экспериментальной инструментальная базой, выходной оригинальной продукцией в конце технологического цикла. Целью данной статьи является обобщение методических и методологических принципов, а также условий реализации междисциплинарных подходов.

Междисциплинарные идеи в физике развиваются в условиях, которые можно назвать “Тихой революцией” в оптике. Ее отличает новый стиль и новая структура физического мышления. Их отличают следующие особенности: 1) амбивалентность основных физических представлений; 2) присутствие когнитивных концептуальных элементов; 3) использование метафизических представлений; 4) усиление роли эстетической компоненты; 5) обращение к мэйбизму как мере неопределенности; 6) использование логики междисциплинарных отношений на основе теории фракталов и динамического хаоса.

При реализации междисциплинарных технологий нужно быть готовым к преодолению технологичекой сигнгулярности и когнитивного диссонанса, обусловленных ускорением научного прогресса.

В качестве концептуальной основы проведения междисциплинарных исследований наиболее важными являются фрактальные методы исследований. [5]. В рамках этого проекта особое внимание уделяется решению двух вопросов. Первый из них относится к использованию фрактальных походов для описания влияния фрактальных изображений на когнитивные процессы, связанные, в частности, с эстетическими аспектами восприятия объектов с признаками самоподобия. Второй – касается анализа формирования дентдритоподобных систем с целью моделирования развития биологических структур на ранних этапах их структурной самоорганизации. Кроме этих вопросов предполагается оценить эффективность фрактальных методов при их использовании в социогуманитарных дисциплинах.

Фрактальность позволяет расширить междисциплинарные отношения до уровня трансдисциплинарных связей, когда появляется возможность связать свойства различных по своей природе объектов[6]. В качестве примера трансдисциплинарных технологий можно рассмотреть раздел нейроэстетики, в рамках которого на основе физических и когнитивных представлений дано объяснение феномена красоты фракталов. В основе этого раздела лежит концепция устойчивой селекции пространственных частот изображения фрактала в коре головного мозга. В ходе расчетов характеристик случайных и детерминированных фрактальных структур особое внимание уделено проблеме устойчивости соотношений скейлинговых характеристик объекта и его фурье-образа. Обнаруженная стабильность скейлинга фурье-образов указывает на возможность осуществления более быстрой и эффективной обработки оптических сигналов в специализированных участках мозга. Быстрая фурье-обработка зрительных сигналов создает ощущение комфорта и вызывает при созерцании объекта чувство красоты. Полученные результаты дают возможность обосновать с физической точки зрения эффективность использования в медицине фрактальной арттерапии, основанной на предъявлении пациентам изображений фракталов, вызывающих у них позитивную реакцию. Кроме того, данные численного моделирования позволяют дать физическую интерпретацию некоторым положениям современной эстетики. Последний пример наряду со многими другими примерами раскрывает большие возможности междисциплинарных и трансдисциплинарных технологий.[7,8]

Еще одним характерным примером трансдисциплинарной технологии может служить новое научное направление, относящееся к так называемой диффрактальной оптике. С использованием основных положений фрактальной физики на единой методической основе в нем проанализированы и систематизированы представления о процессах формирования и распространения излучения с фрактальным амплитудно-фазовым профилем. Рассмотрено прохождение плоской волны через фазовые и амплитудные фрактальные экраны. Обсуждаются характеристики пучков со стохастической и регулярной самоподобной структурой. Рассмотрен круг вопросов о формировании волн с фрактальным распределением амплитуды и фазы непосредственно в лазерных системах. Анализ показывает, что скейлинговые характеристики дополняют традиционно используемые для описания световых пучков пространственно-временные параметры. В частности, взаимно дополняющий характер имеют статистические и фрактальных данные о распространении пучков в турбулентной атмосфере. К настоящему времени сформировался математический и физический аппарат, позволяющий адекватно описывать самоподобные и скейлинговые свойства излучения. С использованием этого аппарата появилась возможность разработать эффективные методы оптической диагностики фрактальных образований с применением зондирующих световых пучков. Высокая степень стабильности фурье-образов фракталов является важным фактором в повышении устойчивости и помехозащищенности каналов передачи оптической информации на фрактальных пучках.

Новый мощный импульс развитию междисциплинарных технологий придали изыскания в области нанотехнологий. Большое внимание в литературе уделяется так называемой технологии **типа «снизу–вверх»** ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *"bottom–up" nanotechnology*) — которая обеспечивает получение [наноструктурированных материалов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB), в которых реализуется образование [наночастиц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86%D0%B0) из атомов и молекул, т. е. достигается укрупнение исходных элементов структуры до частиц нанометрового размера.[9]. К технологиям этого типа относятся такие методы, применяемые для получения изолированных наночастиц, нанопорошков и компактных наноматериалов, как [газофазный синтез](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%93%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7&action=edit&redlink=1) с последующей конденсацией паров; [плазмохимический синтез](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9F%D0%BB%D0%B0%D0%B7%D0%BC%D0%BE%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7&action=edit&redlink=1); [осаждение из коллоидных растворов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%81%D0%B0%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B8%D0%B7_%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B2); химическое и физическое осаждение плёнок и покрытий из газовой фазы (CVD и PVD), плазмы или жидких растворов на подложку; [электроосаждение](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BE%D1%81%D0%B0%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) плёнок и покрытий; термическое разложение ([пиролиз](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7)); [детонационный синтез](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B4%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%BE-%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9_%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%B7).

[Нанотехнология](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) типа «сверху–вниз» ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) *"top–down" nanotechnology*) — [технология](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F) получения [наноструктурированных материалов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB), в которой [нанометровый](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80) размер частиц достигается с помощью измельчения более крупных частиц, порошков или зёрен твёрдого тела[9].

К технологиям этого типа относятся, например, методы, применяемые для получения компактных наноматериалов и [нанопорошков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%88%D0%BA%D0%BE%D0%B2) из объёмных заготовок: [кристаллизация аморфных сплавов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%B0%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%84%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B2); [интенсивная пластическая деформация](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B5%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F); [электровзрыв](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B7%D1%80%D1%8B%D0%B2); упорядочение [твёрдых растворов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D1%8B%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80) и [нестехиометрических соединений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B8%D0%B4%D1%8B).

Важным разделом трансдисциплинарных технологий является исследование процессов и структур, в которых фрактальные явления сочетаются с процессами динамического хаоса [10,11]. Такие процессы играют существенную роль при синхронизации межмодовых осцилляций в различного рода механических и биологических системах [4]. Таким образом, сказанное указывает на обширное многообразие структур и процессов, определяющих особенности междисциплинарных процессов.

***Библиографический список***

1. *Ковальчук М.В.* Наука и жизнь: моя конвергенция. М.: ИКЦ Академкнига, 2012.

2. *Вохник О. М., Зотов А. М., Короленко П. В., Рыжикова Ю. В.* Моделирование и обработка стохастических сигналов и структур. М.: МГУ, 2013.

3. *Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия природы. М.: «Институт компьютерных исследований», 2002.

4. *Короленко П.В., Грушина Н.В*. Золотое сечение и самоподобные структуры в оптике. М.: Либроком, 2010.

5. *A. M. Zotov, P. V. Korolenko, A. Y. Mishin, Y. V. Ryzhikova* . Physical bases of neuroaesthetics / / Moscow University Physics Bulletin. Vol. 74, no. 6.  625–630. 2019.

6. *Пайтген Х.-О., Рихтер П.Х*. Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. М.: Мир, 1993.

7. *Ренчлер И., Херцбергер Б., Эпстайн Д., Пауль Г.* и др. Красота и мозг. Биологические аспекты эстетики. М.: Мир, 1995.

/ 8. *Гусев А.И*. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. — М.: Физматлит, 2007.

10. *Малинецкий Г.Г*., Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.

11. *Берже П., Помо И., Видаль К.* Порядок в хаосе. М.: Мир, 1991.