

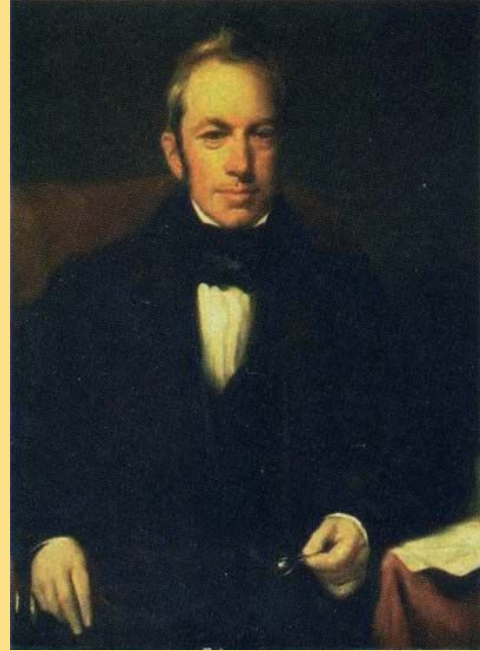
# НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИСТОРИИ ФИЗИКИ В КОНТЕКСТЕ СОДЕРЖАНИЯ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

**М.А. БРАЖНИКОВ, ИХФ  
РАН**



- Элементы теории научного познания включены в содержание образования в средней школе в явном виде.
- История науки – контент, на котором **МОЖЕТ** строиться содержание образования средней школы в области научного познания
- Необходимо адаптировать *оригинальные описания* (тексты) *научных исследований*, включая подбор вопросов и заданий к ним.
- Схема научного познания, должна быть наполнена *реальным содержанием*, раскрыта на *ярких, интересных, доступных* пониманию учеников примерах, *существующих* для развития науки

# ОТКРЫТИЕ РОБЕРТА БРАУНА КАК ПРИМЕР ИССЛЕДОВАНИЯ, АДАПТИРОВАННОГО ДЛЯ УЧАЩИХСЯ



Р. Браун

(1773-1858)

“...Микроскоп тогда не раскрыл ещё чудес бесконечно малого”

Н.А. Любимов

“История физики. Физика в XVII веке”

Мы обладаем грубым, сильно упрощённым, но глубоко верным отображением теплового движения в жидкостях. Это явление броуновского движения.

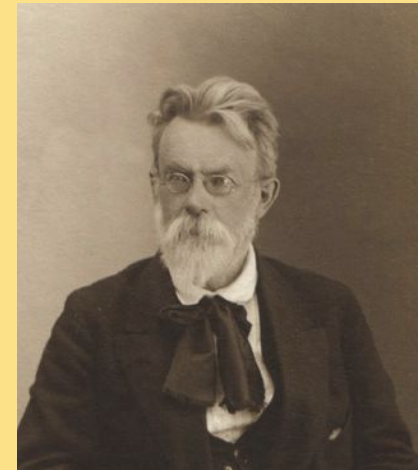
**ОТКРЫТИЕ БРАУНА:**

Р.В. Поль

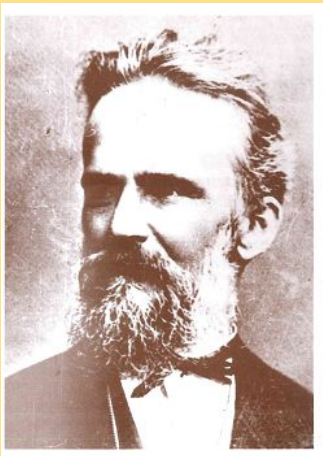
- ЯРКОЕ
- ИНТЕРЕСНОЕ
- СУЩЕСТВЕННОЕ ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАУКИ
- ХОД И ЭТАПЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДОСТУПНЫ ПОНИМАНИЮ УЧАЩИХСЯ
- ВОЗМОЖНО ЛИЧНОЕ НАУЧНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

# ХОД НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ Р. БРАУНА

- “...только послѣ того, какъ мы знаемъ само явленіе, подлежащее нашему изученію, можно стремиться къ его объясненію, къ нахожденію его законовъ.”

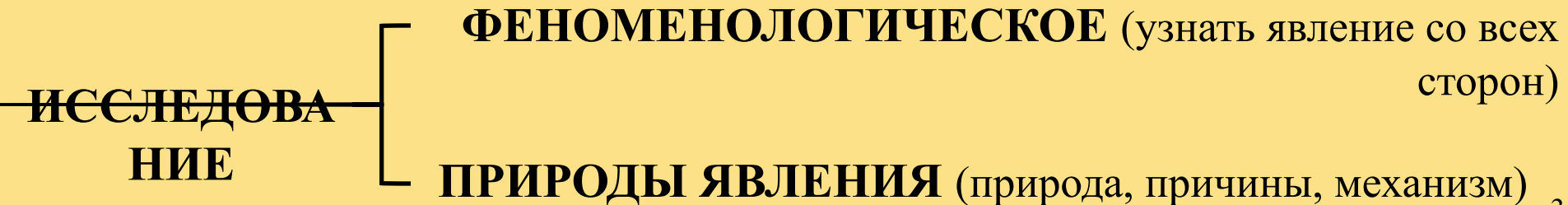


“ О научномъ мировоззреніи” ак. В.И. Вернадский



- “Я изложу мою работу не въ томъ порядкѣ, какъ она производилась, но такимъ образомъ, чтобы устранить, по возможности, всякие возраженія, имѣющіе возникнуть при чтении этого отчёта...”

Проф. К.Д. Краевич



# ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

0. Предыдущее  
исследование

1. Первоначальное  
наблюдение явления

2 → 5. Расширение круга наблюдений

2. Введение  
*нового*  
понятия

3. Переход от  
“живых” объектов  
к “мёртвым”

4. Переход  
к объектам  
“неживой” природы

5. Обобщение наблюдений  
объектов живой  
и неживой природы

6. Ознакомление учёных с  
результатами работы.  
Публикации

7. Выводы

# ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ

## ЭТАП

### 0. Предыдущее исследование

- Исследование влияния формы пыльцы на оплодотворение цветковых растений

Простой английский микроскоп 1820-е гг. ►



### 1. Первоначальное наблюдение явления

- Обнаружено движение частиц пыльцы, помещённых в воду. Частицы продолговатой и цилиндрической формы принадлежали цветку “*Кларкия хорошенькая*” из семейства кипрейных

Кларкия хорошенькая ►



### 2. Введение *нового* понятия

- Открытое движение присуще частицам пыльцы других цветковых растений Браун назвал эти частицы *активными молекулами*

Клетки орхидеи и ядра, видимые в микроскоп Брауна, 1828 г. ►





# ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

## 3. Переход от “живых” объектов к “мёртвым”

- *Активными молекулами* могут быть частицы пыльцы не только “живых” цветов, но и “мёртвых”: засушенных или заспиртованных

## 4. Переход к объектам “неживой” природы

- Любые мелкие частицы органического происхождения: гуммигута, бумаги, дерева, **КАМЕННОГО УГЛЯ**, будучи помещёнными в воду, обнаруживают движение



## 5. Обобщение наблюдений объектов живой и неживой природы

- Мелкие частицы неорганического происхождения: стекло, металлы, сурьма, олово, помещённые в воду, также являются *активными молекулами*

# ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

## 6. Ознакомление учёных с результатами работы. Публикации

Мемуар Р. Брауна

“A Brief Account of Microscopical Observations Made in the Months of June, July, and August, 1827, on the Particles Contained in the Pollen of Plants and on the General Existence of Active Molecules in Organic and Inorganic Bodies”

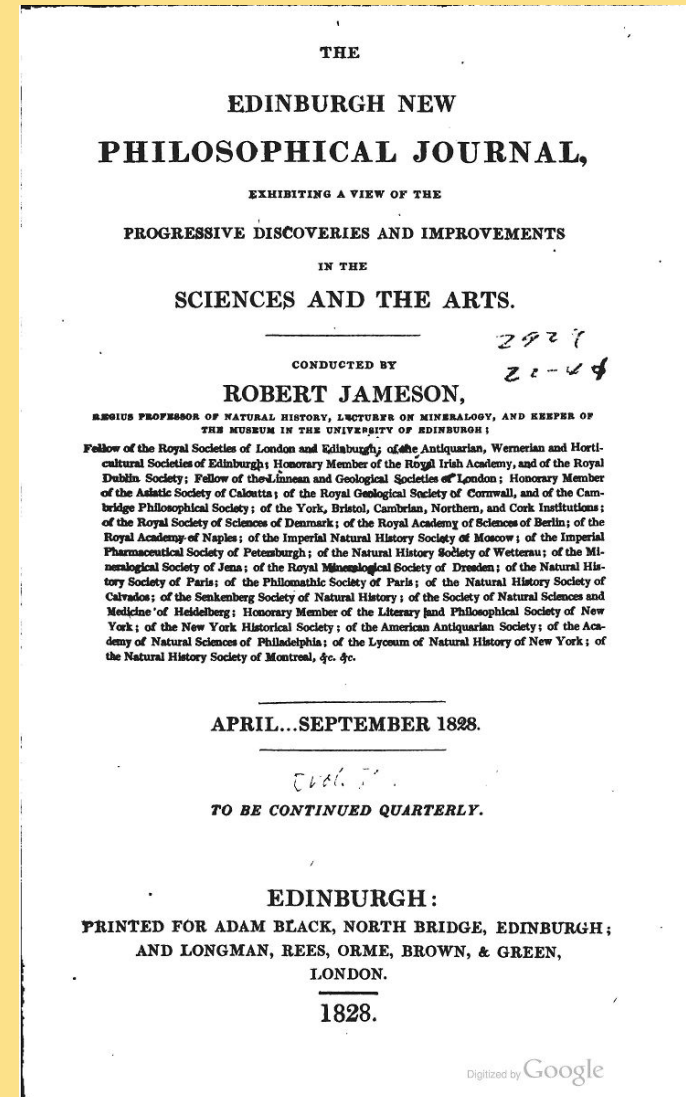
- разослан друзьям,

- опубликован в:

1. The Philosophical magazine and Annals of Philosophy, Vol. 4, N XXI (September), 1828, pp. 161-173.

2. The Edinburgh new Philosophical Journal/ April ... September, 1828, pp. 358-371.

3. Annalen der Physik und Chemie, 1828, T.90. pp. 294-313



# ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ЭТАП

## 7. Выводы

- Крайне мелкие частицы твёрдого вещества, полученные из живой или неживой материи, будучи помещёнными в воду или какую-либо иную водную среду, обнаруживают движения, которые я не в состоянии объяснить, и которые по их неупорядоченности и видимой независимости напоминают в значительной степени простейших животных инфузорий;

- Наименьшие из наблюдавшихся частиц, которые я назвал *активными молекулами*, представляются сферическими или близкими к сферическим диаметром от  $\frac{1}{30000}$  " до  $\frac{1}{20000}$  " (от 0,85 до 1,25 мкм); другие частицы, заметно большие (различного размера), подобной или совсем иной формы также демонстрируют аналогичные движения в подобных обстоятельствах"

“Прежде я уже высказал моё убеждение, что эти движения частиц не возникают вследствие потоков жидкости их содержащих, не зависят от внутреннего движения, которое, как можно предположить, сопровождает испарение”



# ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ, ПРИЧИН И МЕХАНИЗМА

Идут во многом параллельно с изучением феноменологии  
явления

на феноменологическом  
этапе

(отдельные стороны и причины)

**1а.** Испарение и токи  
жидкости не являются  
причиной движения

**5а.** Пламя не  
уничтожает активные  
молекулы

на этапе исследования природы  
явления

(системное изучение)

**8.** Дальнейшее исследование  
возможных причин явления



**9.** Выводы **10.** Публикация

# ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДЫ, ПРИЧИН И

## 8. Дальнейшее исследование возможных причин явления:

- притяжение и отталкивание самих частиц
- неустойчивость суспензии
- капиллярные эффекты
- дегазация жидкости или мелких пузырьков воздуха
- поверхностное натяжение

## 9. Выводы

Из дополнительного исследования Р. Брауна следует, что указанные выше возможные причины наблюдаемого движения таковыми не являются

## 10. Публикация

The Philosophical magazine or Annals of Chemistry, Mathematics, Astronomy, Natural History and General Science Philosophy, Vol. 6, N XXXIII (September), 1829, pp. 161-166.

THE  
PHILOSOPHICAL MAGAZINE  
AND  
ANNALS OF PHILOSOPHY.  
—  
[NEW SERIES.]  
—  
S E P T E M B E R 1829.

XXIV. *Additional Remarks on Active Molecules.* By ROBERT BROWN, F.R.S., Hon. M.R.S.E. & R.I.Acad., V.P.L.S., Corresponding Member of the Royal Institutes of France and of the Netherlands, &c. &c.\*

ABOUT twelve months ago I printed an account of Microscopical Observations made in the summer of 1827, on the Particles contained in the Pollen of Plants; and on the general Existence of active Molecules in Organic and Inorganic Bodies.

In the present Supplement to that account, my objects are, to explain and modify a few of its statements, to advert to some of the remarks that have been made, either on the correctness or originality of the observations, and to the causes that have been considered sufficient for the explanation of the phenomena.

In the first place, I have to notice an erroneous assertion of more than one writer, namely, that I have stated the active Molecules to be animated. This mistake has probably arisen from my having communicated the facts in the same order in which they occurred, accompanied by the views which presented themselves in the different stages of the investigation; and in one case, from my having adopted the language, in referring to the opinion, of another inquirer into the first branch of the subject.

Although I endeavoured strictly to confine myself to the statement of the facts observed, yet in speaking of the active Molecules I have not been able, in all cases, to avoid the introduction of hypothesis; for such is the supposition, that the equally active particles of greater size, and frequently of very different form, are primary compounds of these Molecules.

\* Communicated by the Author:—Mr. Brown's former paper on this subject, will be found in Phil. Mag. and Annals, N.S. vol. iv. p. 161.

N. S. Vol. 6. No. 33. Sept. 1829. Y cules,

# ВОПРОСЫ К “ШАГАМ”

## ИССЛЕДОВАНИЯ

“...КАК НАБЛЮДЕНИЕ, ТАК И ЭКСПЕРИМЕНТ ДОЛЖНЫ ПРЕДШЕСТВОВАТЬСЯ И СОПРОВОЖДАТЬСЯ УМСТВЕННОЮ РАБОТОЮ, ДЛЯ КОТОРОЙ РЕЗУЛЬТАТ КАК ТОГО, ТАК И ДРУГОГО ДАЕТ НОВУЮ ПИЩУ”



О.Д. Хвольсон  
1852 - 1934

- Каждый шаг в исследовании Р. Брауна есть определённый качественный скачок в понимании явления
- Каждый шаг отвечает на определённый вопрос исследователя
- Любая этапизация вносит в живую работу искусственный элемент, вопросы у учёного-исследователя возникают не всегда в *явной* логической последовательности и в явном виде.

● КАК НАУЧИТЬ УЧЕНИКА СТАВИТЬ ВОПРОСЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ?

# ВОПРОСЫ К “ШАГАМ” ИССЛЕДОВАНИЯ

*a.* (0→1) Случайным ли было открытие Брауном движения частиц с точки зрения его научных исследований?

*b.* (1→2) Только ли частицы пыльцы растения “Кларкия хорошенькая” находятся в непрерывном и хаотичном движении, будучи помещёнными в воду?

*c.* (2→3) Вовлекается ли в *подобное* движение пыльца засушенных, *мёртвых*, растений?

*d.* (3→4) Если пыльца сухих цветов ведёт себя так же как и свежесрезанных, не будут ли любые мелкие частицы органического происхождения так же хаотично двигаться?

*e.* (4→5) **ЧАСТИЦЫ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ – МОСТИК МЕЖДУ МИРОМ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ, БУДУТ ЛИ НЕОРГАНИЧЕСКИЕ ЧАСТИЦЫ, НЕ ИМЕЮЩИЕ НИЧЕГО ОБЩЕГО С РАСТИТЕЛЬНЫМ МИРОМ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ, ВЕСТИ СЕБЯ ТАК ЖЕ В КАПЛЕ ВОДЫ, КАК И ЧАСТИЦЫ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ?**

*f.* (5→6) Какую роль в признании достоверности результатов экспериментального исследования Брауна сыграло знакомство с ними известных естествоиспытателей своего времени, какую роль играют научные публикации?

*g.* (6→9) Движение *активных молекул* рассмотрено (наблюдено) досконально, какие должны быть следующие шаги в его изучении?

# РАБОТА С ТЕКСТОМ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ

## РАСКРЫТИЯ ЛОГИКИ

Г. Очерки Геологии Англии и Уэльса, 1822 г.

## ИССЛЕДОВАНИЯ

Предпринимая следующий краткий обзор нескольких геологических участков, в которых породы либо тождественны каменному углю, либо в высшей степени схожи с ним. мы должны отметить, что более поздние отложения суть однозначно растительного происхождения, и что есть веское основание приписывать тот же источник происхождения отложениям средних эпох. Может показаться, что можно было бы провести разграничительную линию между теми угольными породами, которые суть растительного происхождения, и только введены из растительного царства в царство минералов как инородные вещества и теми, которые изначально принадлежали послед-нему; но в действительности провести такую линию невозможно, поскольку ясно и однозначно отмечаемые крайние формы встречаются смешанными вместе то, что может рассматриваться установленным, а именно, превращение растительной материи в битум- и углесодержащие породы”.



У.Д. Конибер  
1787 - 1857



# РАБОТА С ТЕКСТОМ КАК ОДИН ИЗ ПУТЕЙ РАСКРЫТИЯ ЛОГИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ

П. Л. Бротье “История земли” , 1860 г.

“Изучение каменноугольных пластов представляет огромный интерес не только для геолога, но для всякого серьёзного ума. Среди каменноугольных масс часто встречаются настолько сохранившиеся стволы деревьев, что легко определить их ботанический вид. Пласты горных пород очень метко сравнивают с листьями книг, сохранившей летописи первобытного мира, эти летописи, написанные вполне понятными буквами, сохранили настолько ясные и тонкие отпечатки папоротника и др., что самый искусный резец с трудом справился бы с их сложным рисунком. Не забудем прибавить, что в английский каменноугольных копях и в некоторых французских часто встречается род железной руды то перемешанной с каменным углем, то находящийся между слоями каменноугольного песчаника, называющейся углекислым железом каменноугольных копей”.



# ВОПРОСЫ К ТЕКСТАМ

Прочтите тексты из “Очерков геологии Англии и Шотландии”, 1822 г. и из “Истории Земли”, 1860 г.

1. Когда в науке было установлено органическое происхождение угля?
2. Как вы полагаете, существенно ли для исследования Р. Брауна то, что вывод об органическом происхождении угля был установлен до начала его наблюдений и опытов?
3. Что находили люди в угольных пластах Англии?
4. Почему каменный уголь можно считать “мостиком” между живой и неживой природой?
5. Браун исследовал поведение мельчайших частиц живых и неживых растений из гербария, какие шаги предприняли бы вы, расширяя представления об изучаемом явлении?

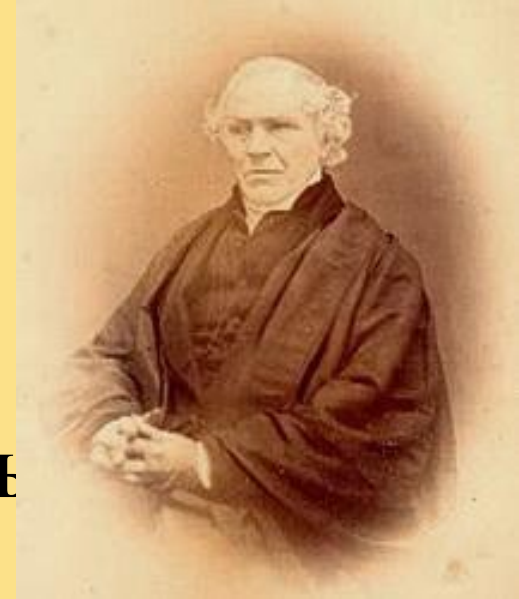
# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Ход научного исследования, его феноменологический этап и этап исследования природы и механизма явления, может быть успешно продемонстрирован учащимся на доступном для них уровне на примере открытия броуновского движения.
2. Представляется целесообразным включение изучения данного материала в контекст проектно-исследовательской учебной деятельности.
3. Предложенный материал следует дополнить лабораторной работой по наблюдению броуновского движения.
4. Оригинальные исследования Р. Брауна можно найти на сайте

<http://s-s.archive.org.prx.websiteproxy.co.uk/details/miscellaneousbot01brow>

# POST SCRIPTUM

/по страницам М. Бунге “Интуиция и наука”/



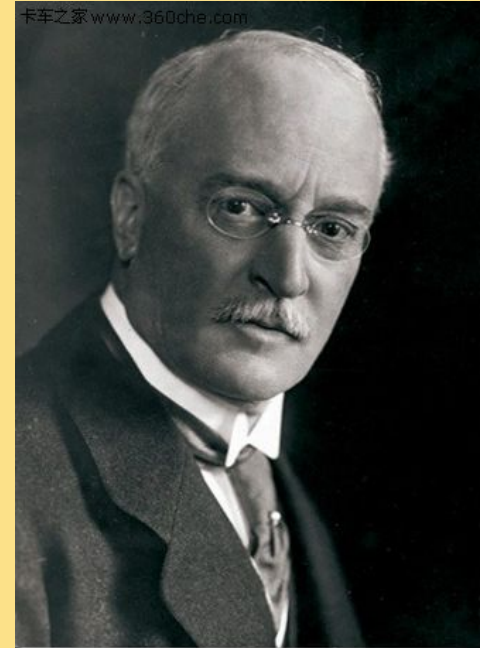
У. Уэвелл  
1794 - 1866

- **НАУКА НАЧИНАЕТСЯ С ОБЫДЕННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ** фактов; но даже на этом этапе, требуется, чтобы **НАБЛЮДЕНИЯ** были **ТОЧНЕ**. После обыденного наблюдения, приходят научное наблюдение и эксперименты
- Концепции, которыми факты связываются друг с другом, подсказывает **ПРОЗОРЛИВОСТЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ**. Прозорливости **НЕЛЬЗЯ НАУЧИТЬ**
- Обычно добиваются успеха методом проб; и, по-видимому, этот успех, состоит в разработке нескольких предварительных гипотез и выборе единственно верной. Но **ЗАПАС** соответствующих **ГИПОТЕЗ** не может быть создан ни по **УСТАНОВЛЕННЫМ ПРАВИЛАМ,** ни без способностей к созданию нового

# POST SCRIPTUM

/по страницам М. Бунге “Интуиция и наука”/

“Изобретение состоит из двух частей: идеи и её осуществления. Как зарождается идея? Возможно, иногда она и возникает подобно вспышке молнии, но обыкновенно вырисовывается на фоне бесчисленных ошибок и кропотливых изысканий. Сравнительное исследование постепенно отделяет существенное от несущественного и сообщает исподволь чувствам всё большую ясность, пока наконец идея не предстанет в виде чёткой мысленной картины”.



**Р. Дизель**  
**1858 - 1913**

**НЕОБХОДИМО УЧАЩИМСЯ ПОКАЗАТЬ, КАК В ХОДЕ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ *существенное* ПОСТЕПЕННО ОТДЕЛЯЕТСЯ ОТ *несущественного*, И ПОСТЕПЕННО ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ЯВЛЕНИИ ПРИОБРЕТАЕТ ВСЁ БОЛЬШУЮ ЯСНОСТЬ, ПОКА**