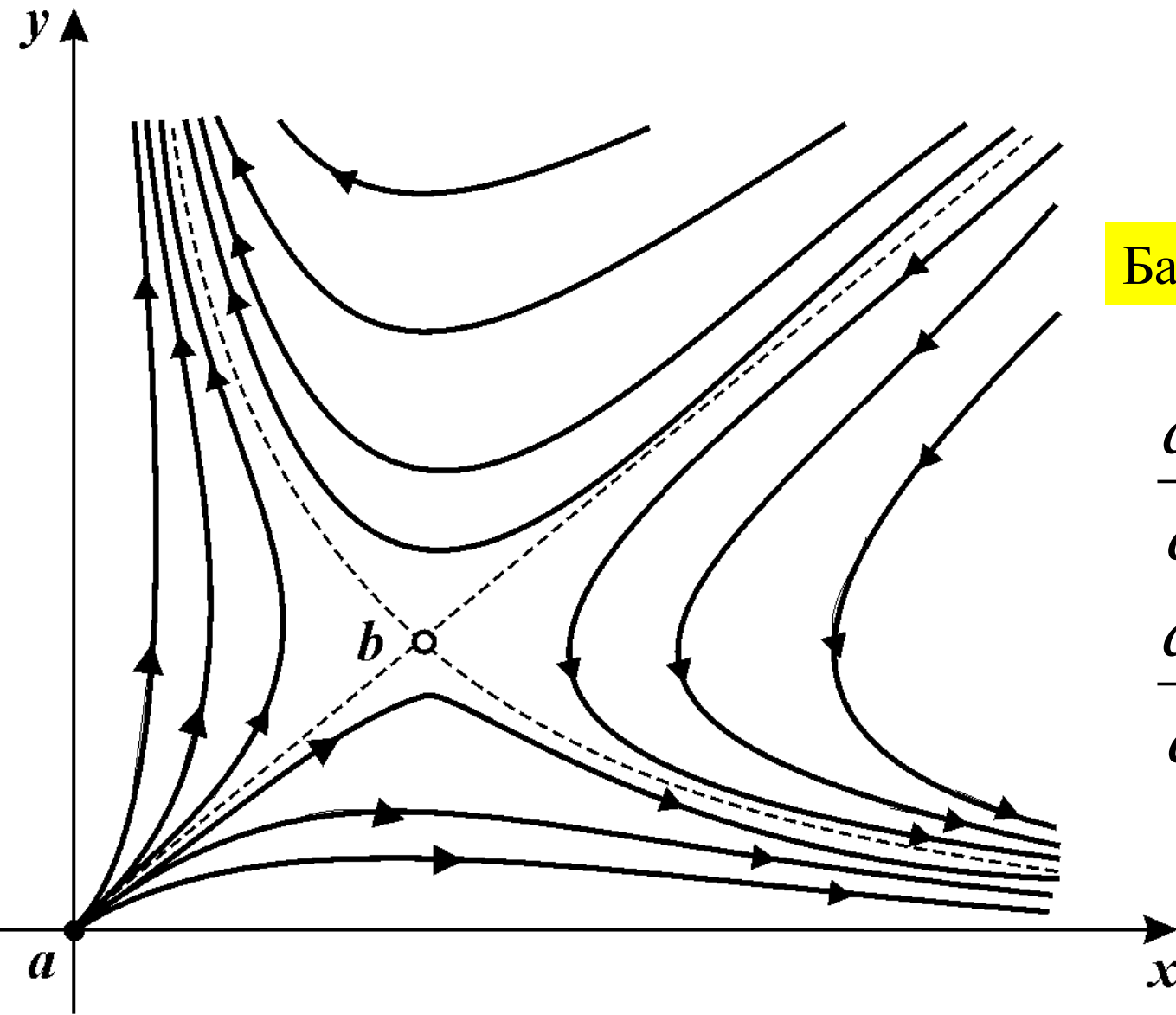


Мультистационарные системы

Биологические триггеры

- *Конкуренция двух равноправных*
- *Примеры систем с двумя устойчивыми стационарными состояниями.*
- *Конкуренция.*
- *Силовое и параметрическое переключение триггера.*
- *Катастрофы*
- *Эволюция. Отбор одного из двух и нескольких равноправных видов.*
- *Генетический триггер Жакоба и Моно.*

Конкуренция двух равноправных

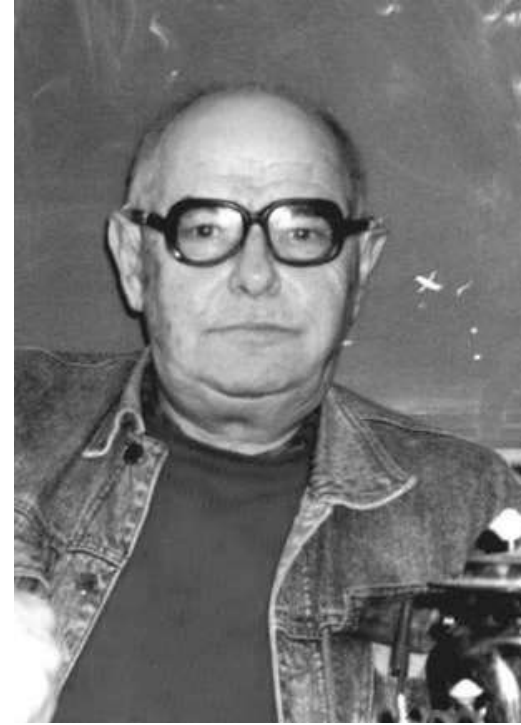


Бассейн притяжения

$$\frac{dx}{dt} = ax - \gamma xy;$$

$$\frac{dy}{dt} = ay - \gamma xy.$$

Черна́вский Дмитрий Сергеевич (1926-2016) — российский физик, биофизик, специалист в области математического моделирования в биологии и экономике. Сформулировал концепцию о функционировании белков-ферментов, известную под названием белок-машина, предложил модель возникновения ценной биологической информации на примере единого биологического кода.



Конкуренция равноправных

$$\frac{dx_i}{dt} = \alpha X_i - \gamma \sum_{j=1, j \neq i}^N X_i X_j; \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

α – эффективный коэффициент репродукции,
 γ – вероятность гибели в результате встречи.

Информация
есть
запомненный
выбор одного
варианта из
нескольких
ВОЗМОЖНЫХ И
равноправных

Количество информации

Ценность информации

Синергетика
От прошлого
к будущему



Д.С. Чернавский

СИНЕРГЕТИКА И ИНФОРМАЦИЯ

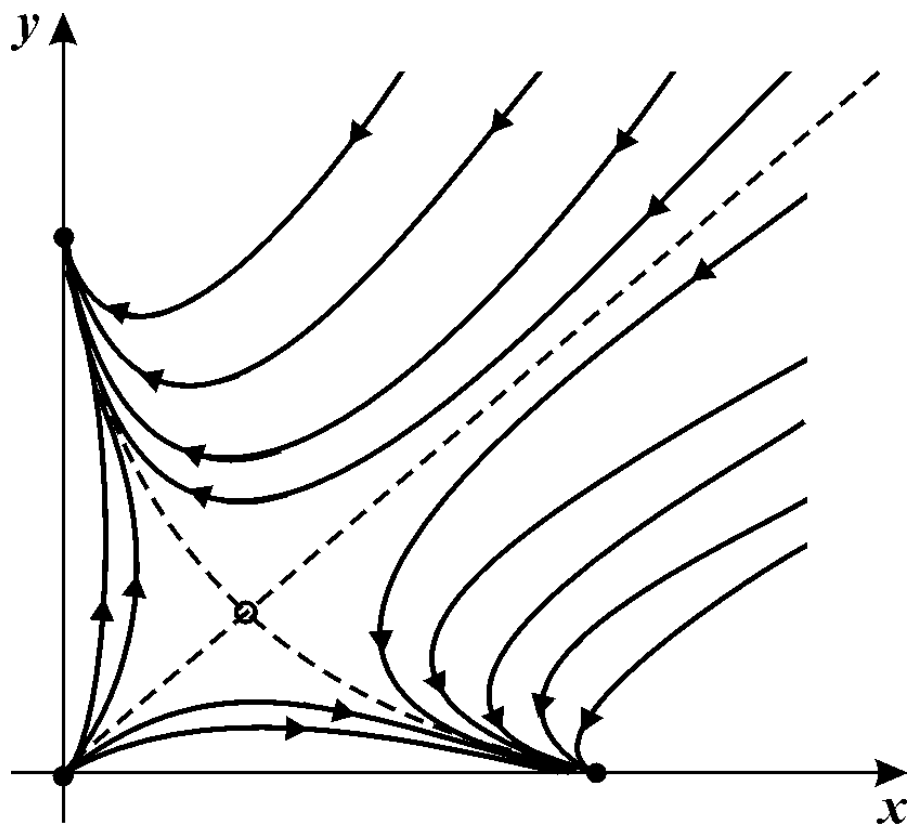
*Динамическая
теория
информации*



УРСС

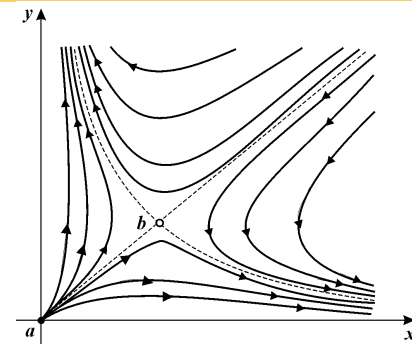


Фазовый портрет триггерной системы, описывающей конкуренцию между двумя одинаковыми видами с ограниченной численностью



$$\frac{dx}{dt} = ax - \gamma xy;$$

$$\frac{dy}{dt} = ay - \gamma xy.$$

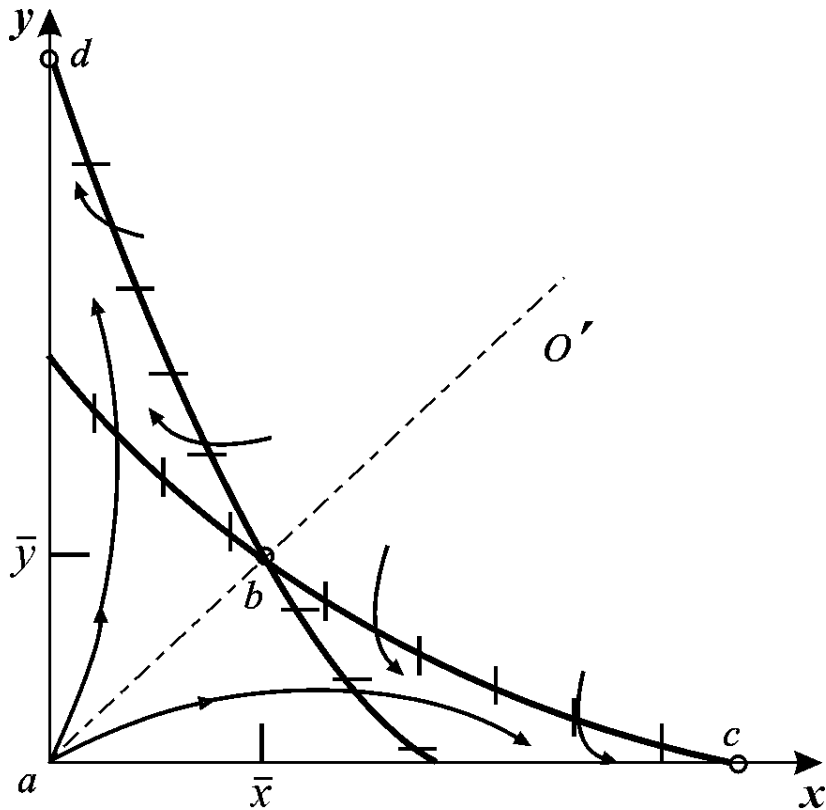


$$\frac{dx}{dt} = x - xy - ax^2,$$

$$\frac{dy}{dt} = y - xy - ay^2.$$

Фазовый портрет системы, описывающей отбор одного из двух равноправных видов когда субстрат поступает в систему с постоянной скоростью.

a (начало координат) – неустойчивый узел, b – седло, c, d – устойчивые узлы.



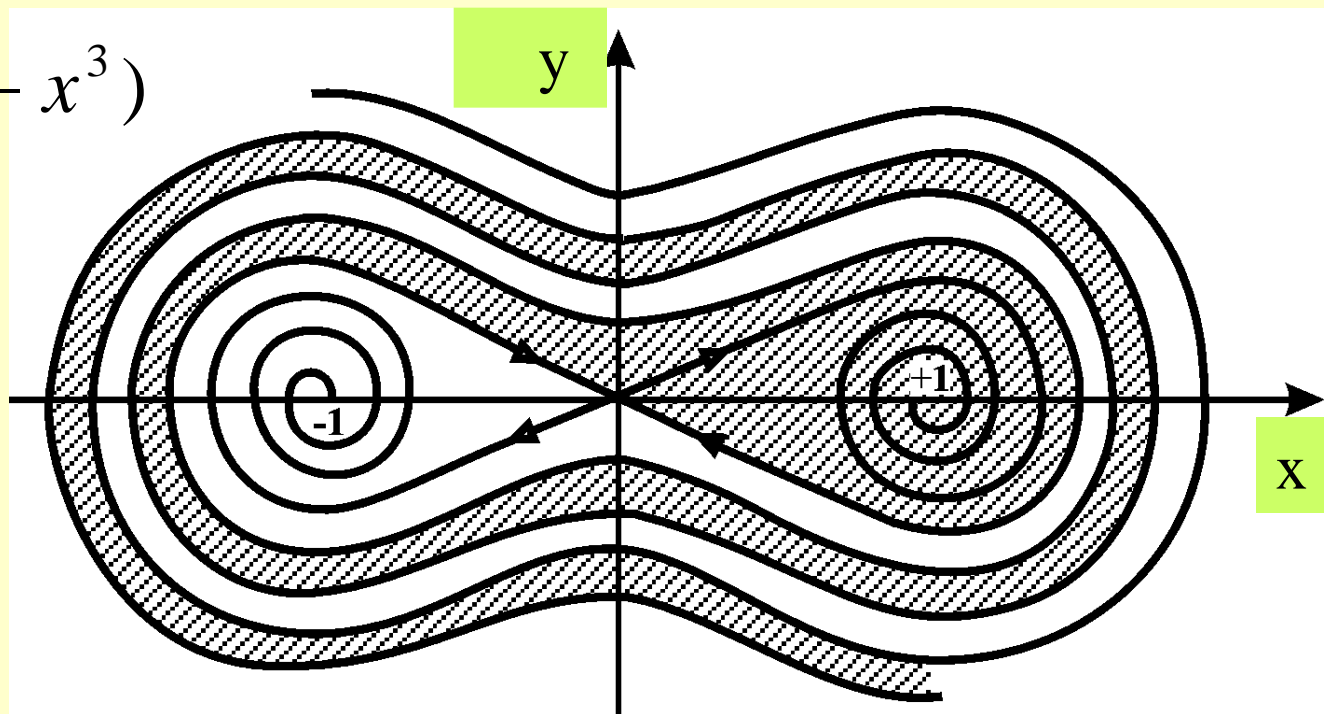
$$\frac{dx}{dt} = x \left[\frac{V_0}{x+y} - (1+y) \right],$$

$$\frac{dy}{dt} = y \left[\frac{V_0}{x+y} - (1+x) \right]$$

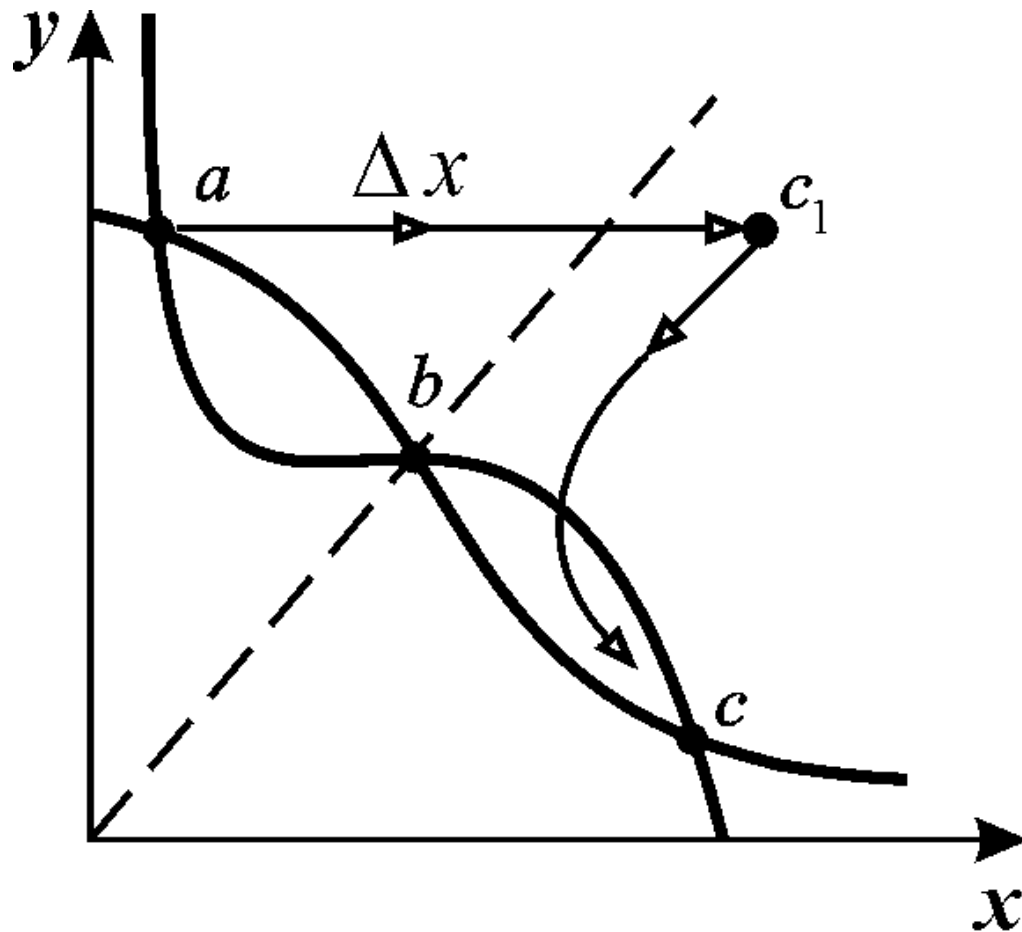
Фазовый портрет «слоистой» системы: “шарик в ложбине с двумя лунками”. Темным обозначена область притяжения стационарного состояния (+1)
(Д.С.Чернавский)

$$\frac{dx}{dt} = y,$$

$$\frac{dy}{dt} = -ay + b(x - x^3)$$



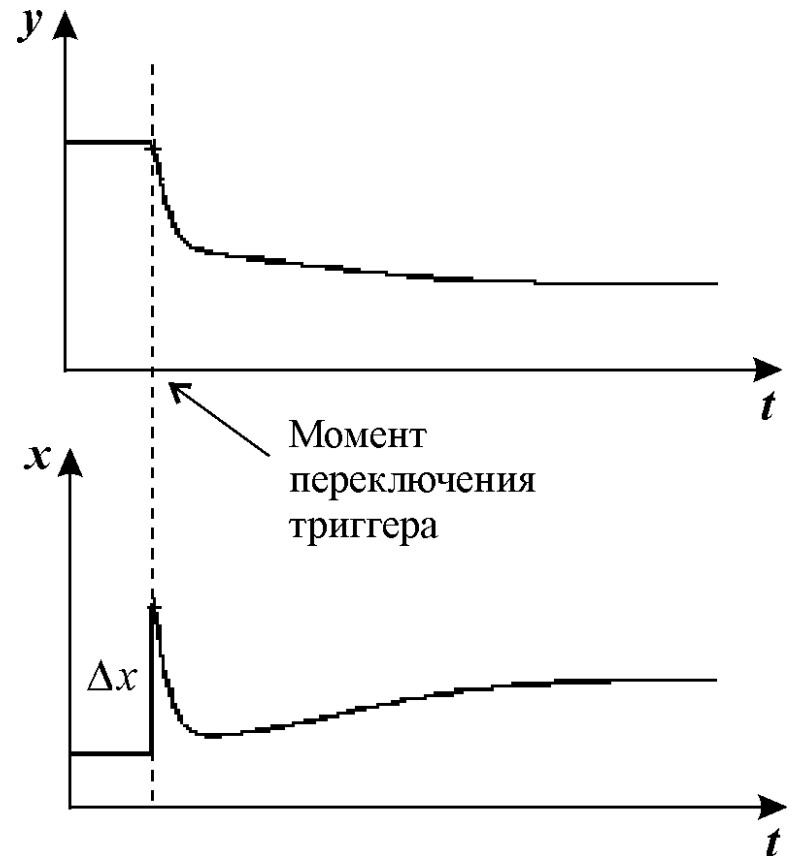
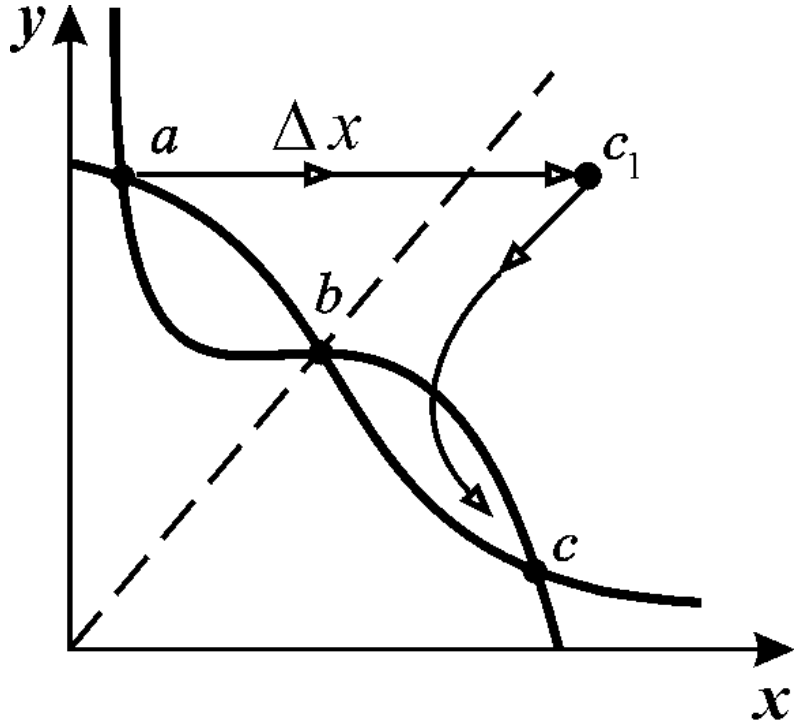
Фазовый портрет «стандартной» триггерной системы



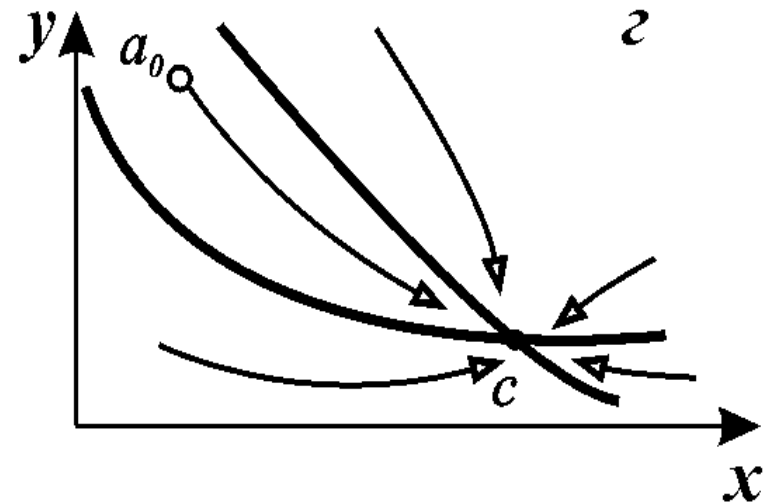
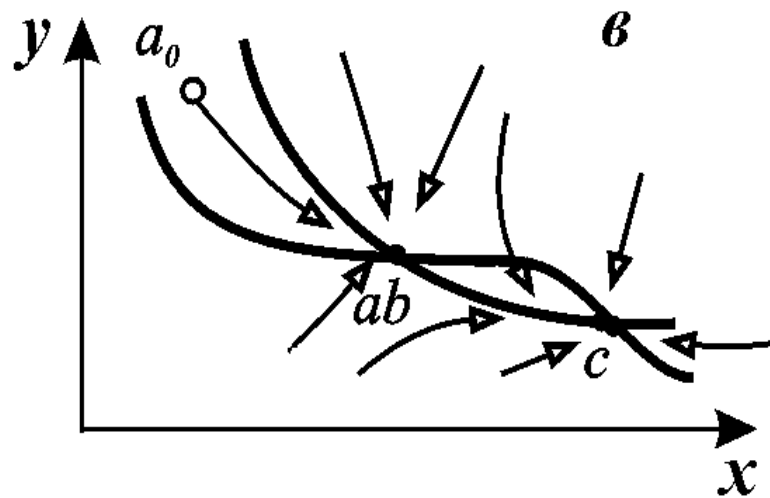
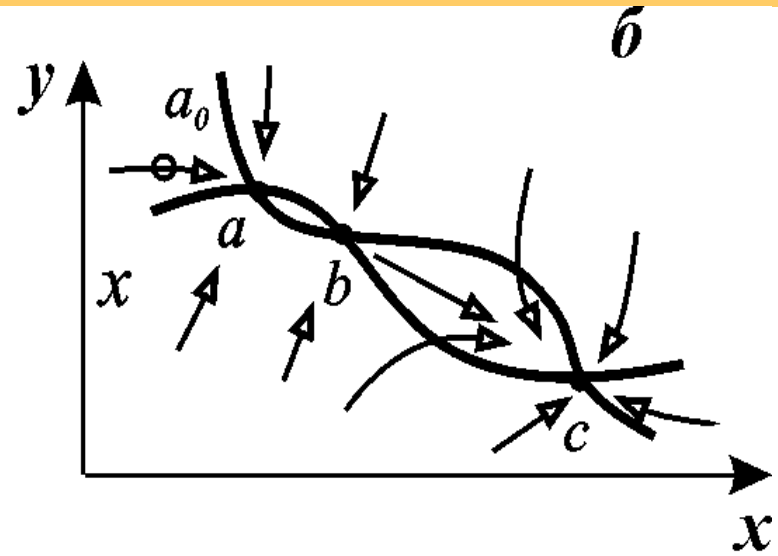
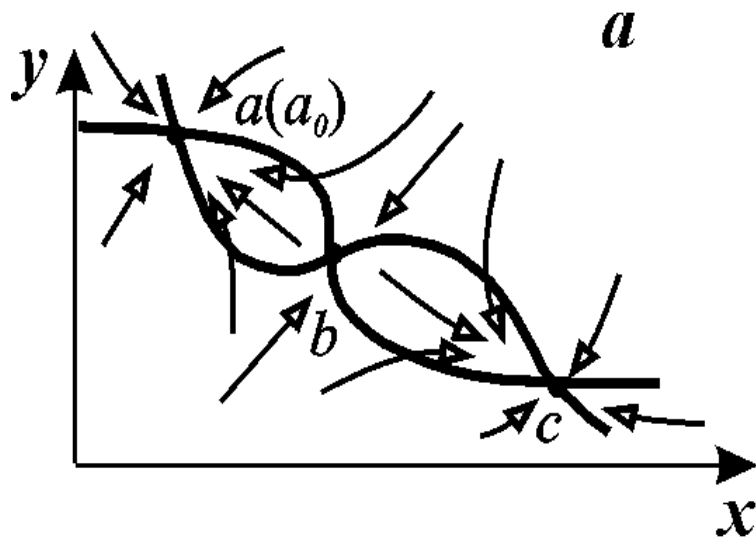
Жирными линиями показаны главные изоклины. Пунктирной линией обозначена сепаратриса, отделяющая области влияния (бассейны притяжения) двух устойчивых стационарных состояний a и c .

Стрелка показывает процесс силового переключения триггера.

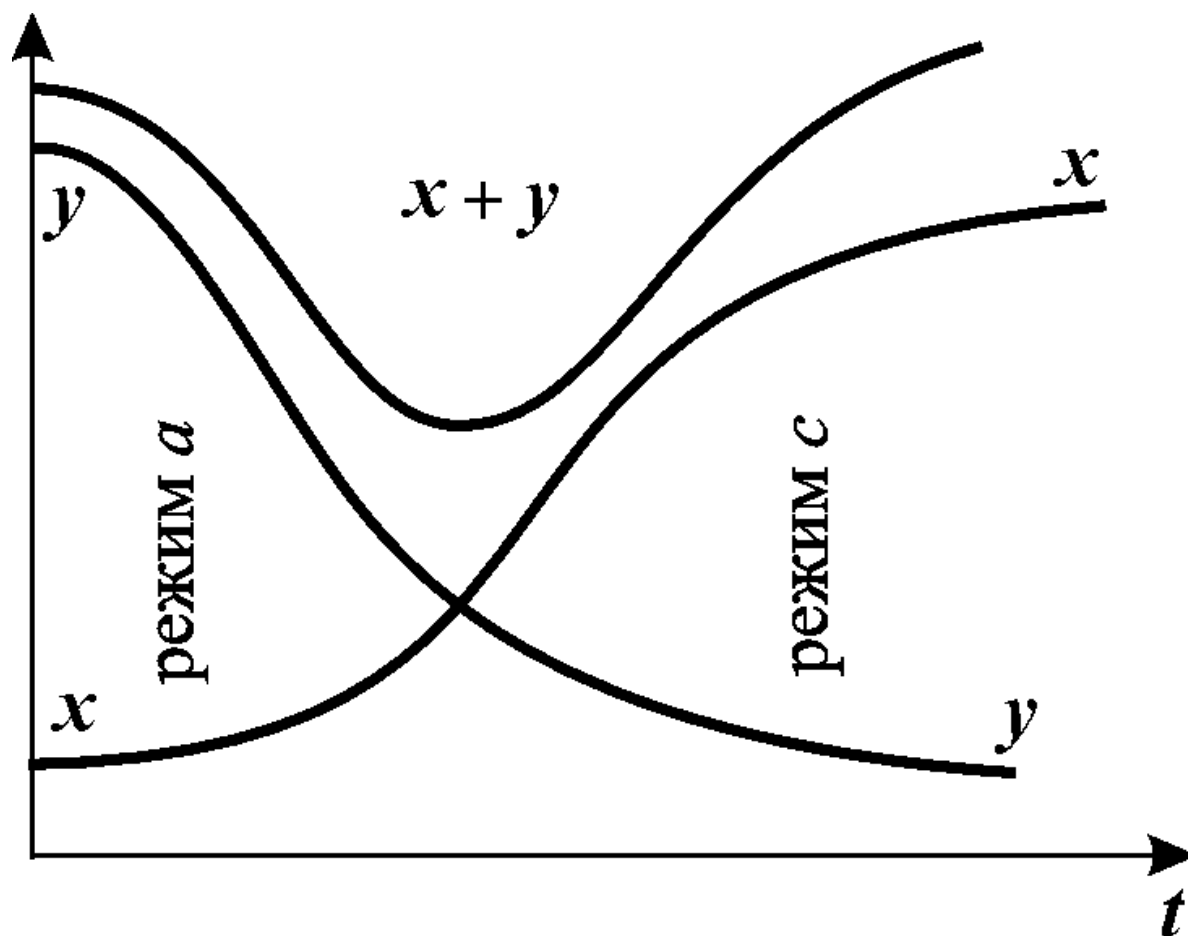
Силовое переключение триггера



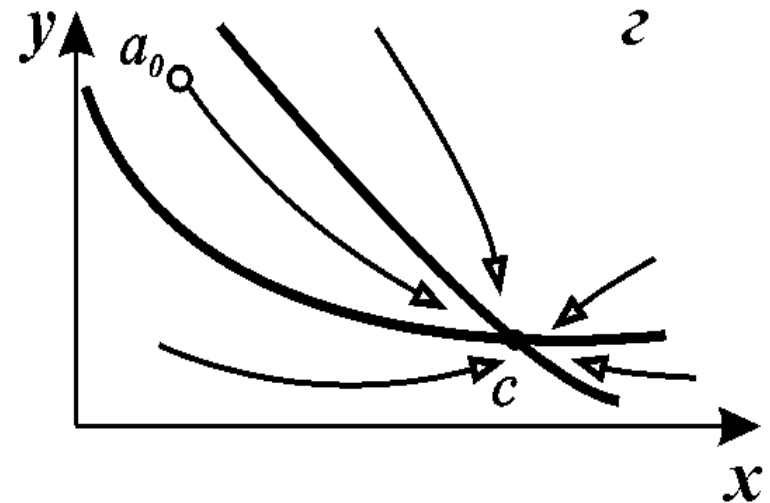
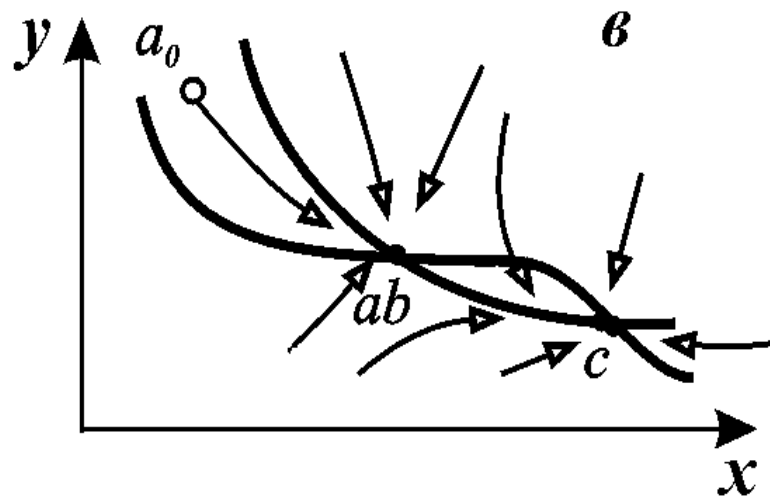
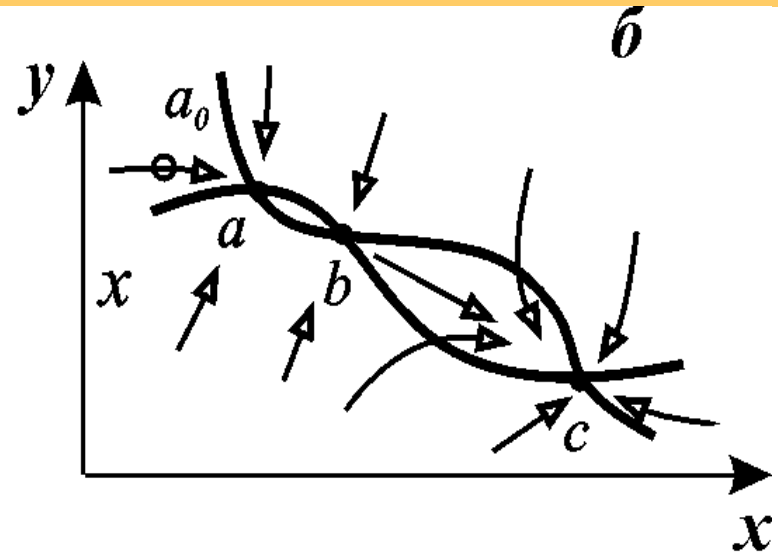
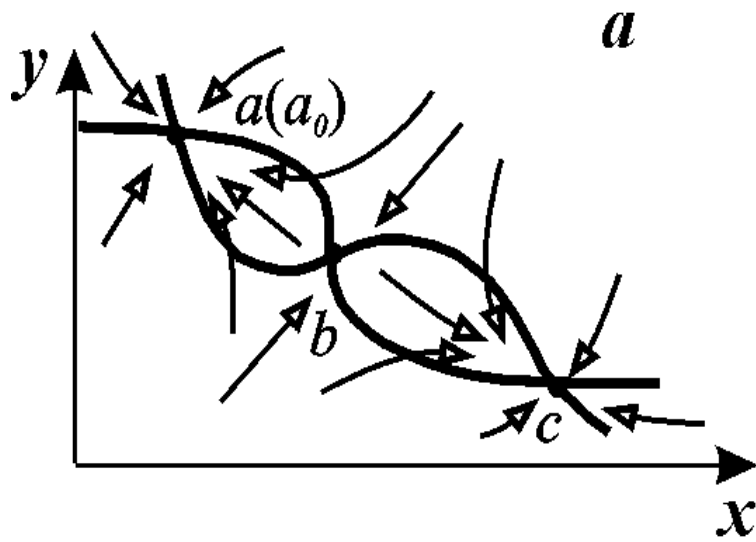
Параметрическое переключение триггера



Кинетика изменения переменных в процессе параметрического переключения триггера.



Параметрическое переключение триггера



Типы эволюции

Новые элементы не появляются, а старые не исчезают – происходит их перераспределение в пространстве и во времени.

Эволюция галактик, упорядоченных вихрей в гидродинамике, автоколебаний и автоволн в активных средах.

Образование негомогенных стационарных распределений вещества в пространстве – диссипативных структур.

Самопроизвольный отбор немногих элементов (и их размножение) из очень большого числа различных уже существующих или тех, которые могут возникнуть.

Образование изотопов химических элементов, макромолекул в химической эволюции, видов в биологической эволюции, образование человеческих языков.

Все эти процессы идут в результате размножения и конкурентного отбора.

Возникновение единого генетического кода

Как происходит отбор?

- *Кастлер*: начальный код возник *случайно*, другие комбинации не успели возникнуть.
- *Эйген*: возникло несколько разных кодов, но *отобрались* наилучшие.
- *Д.С. Чернавский*: произошел отбор одного из равноправных.

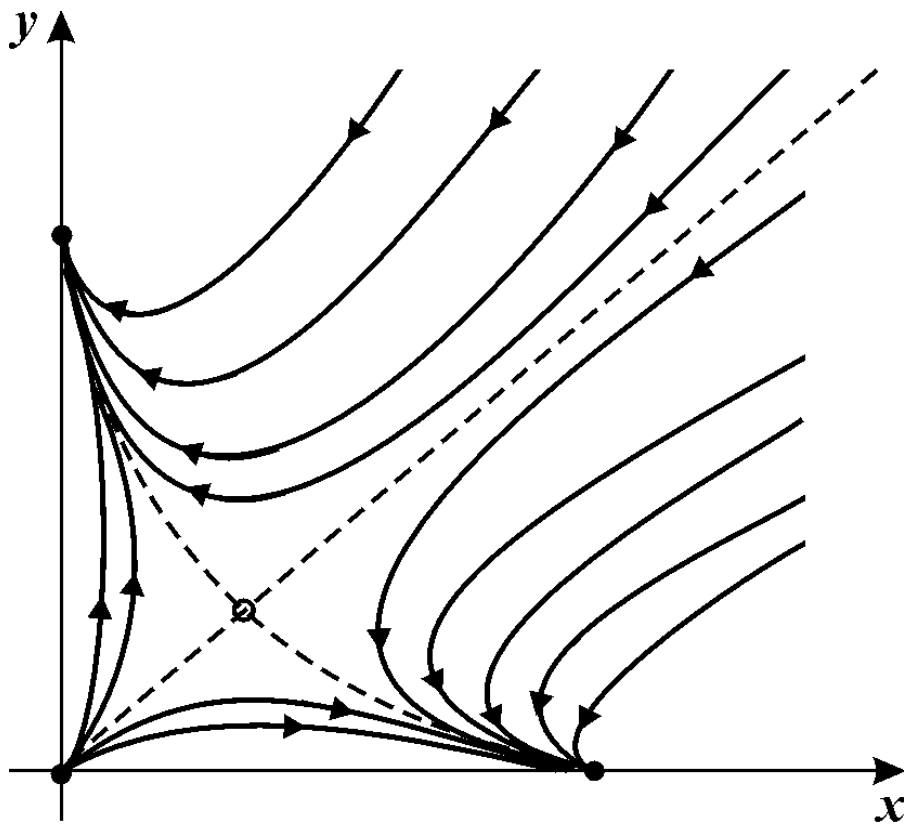


Модели отбора из N равноправных

$$\frac{dx_i}{dt} = aX_i - \gamma \sum_{j=1, j \neq i}^N X_i X_j; \quad i = 1, 2, \dots, N$$

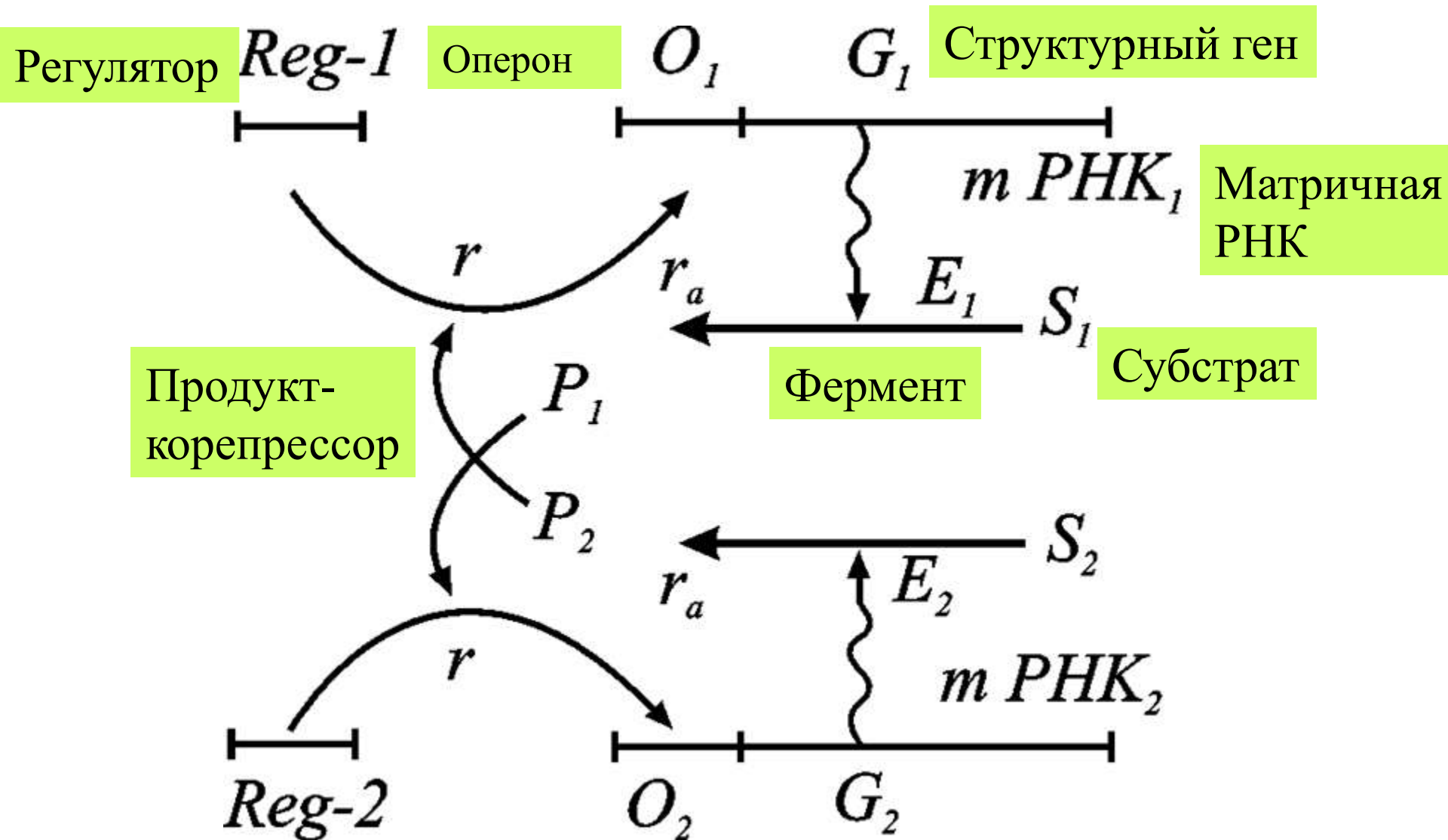
$$\frac{dx}{dt} = ax - \gamma xy; \quad \frac{dy}{dt} = ay - \gamma xy.$$

Фазовый портрет триггерной системы,
описывающей конкуренцию
между двумя одинаковыми видами с ограниченной
численностью



$$\frac{dx}{dt} = x - xy - ax^2,$$
$$\frac{dy}{dt} = y - xy - ay^2.$$

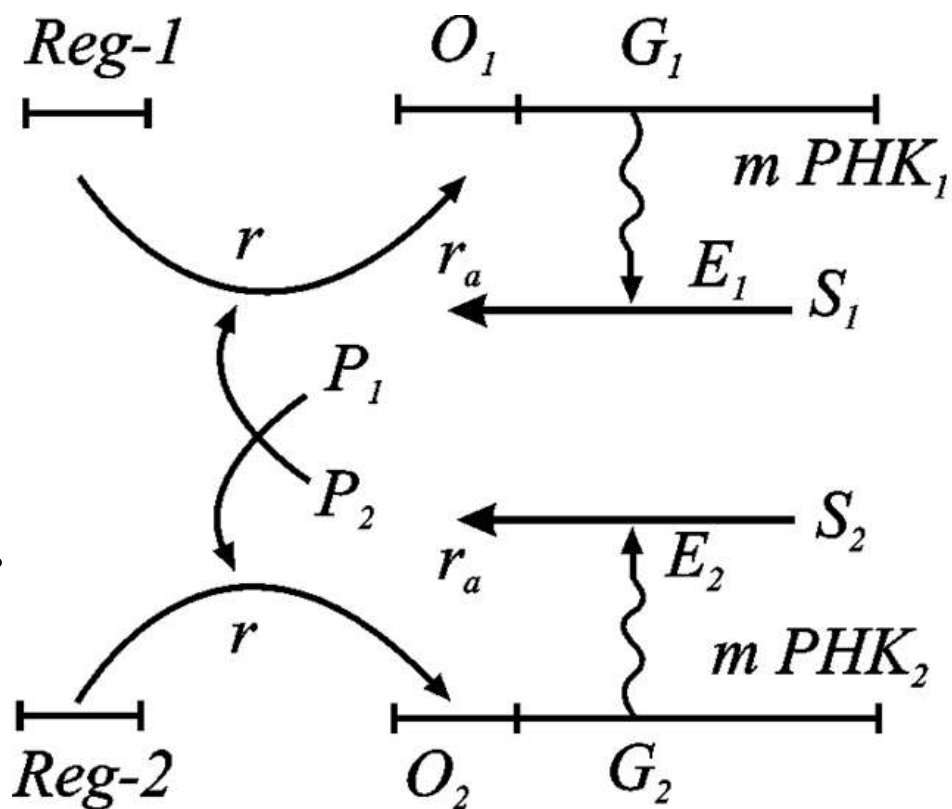
Схема синтеза двух ферментов Жакоба и Моно. Генетический триггер



Модель синтеза двух ферментов Жакоба и Моно. Генетический триггер

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{A_1}{B_1 + P_2^m} - q_1 P_1,$$

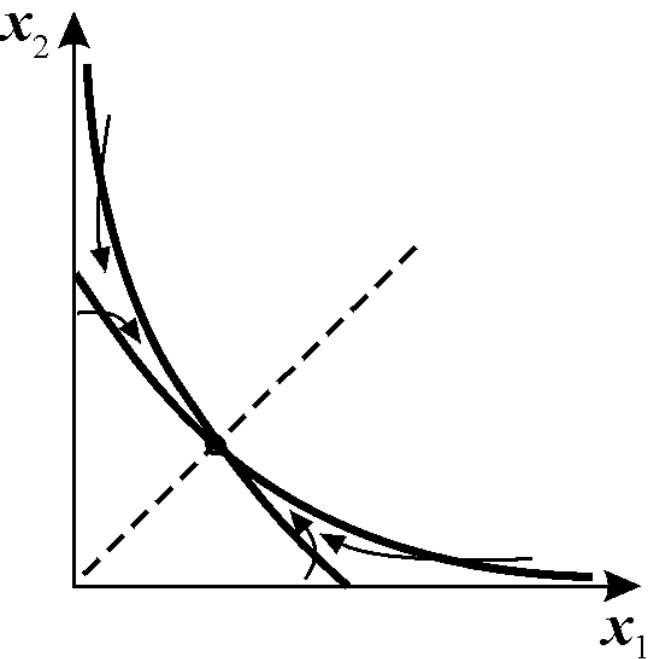
$$\frac{dP_2}{dt} = \frac{A_2}{B_2 + P_1^m} - q_2 P_2.$$



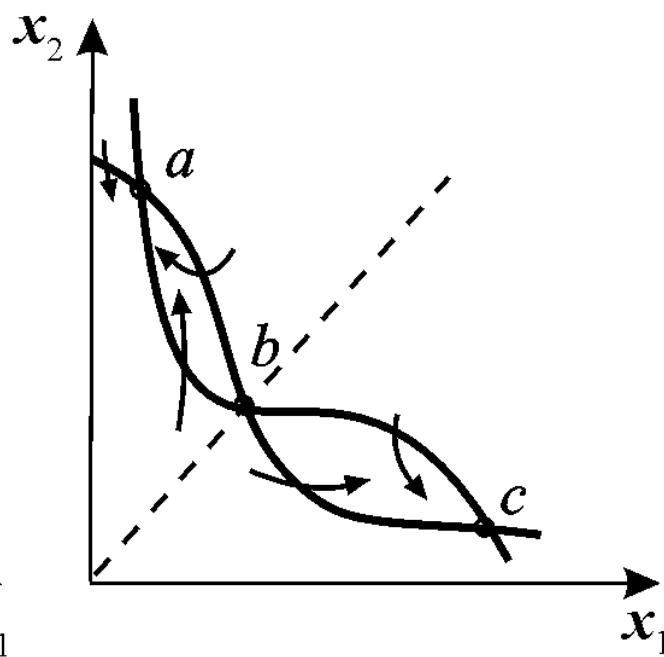
Ю.М.Романовский, Н.В.Степанова, Д.С.Чернавский.

Математические модели в биофизике. 2004

Главные изоклины на фазовой плоскости системы. При $m = 1$. система имеет единственное устойчивое стационарное состояние (a). При $m = 2$ в системе три стационарных состояния, два из которых (a и c) – устойчивые узлы, а третье (b) – седло.



$m=1$

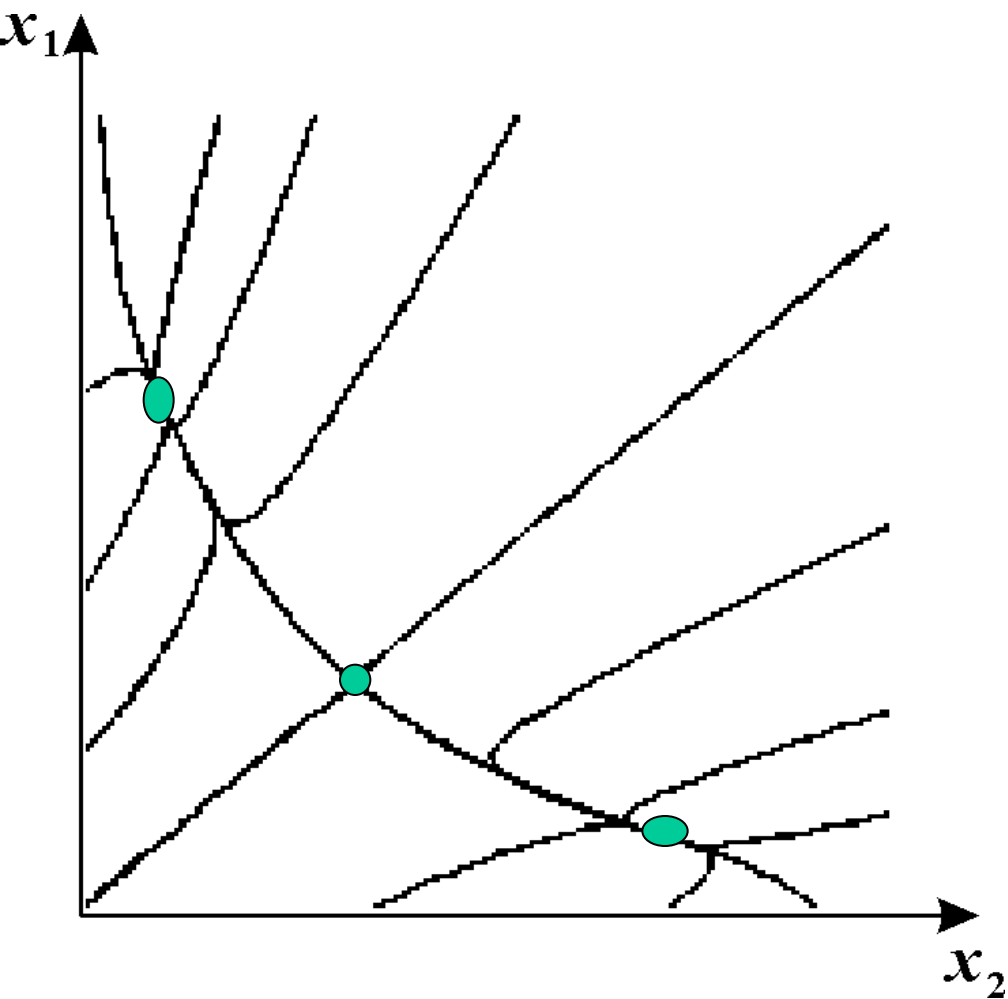


$m=2$

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{L_1}{1 + x_2^m} - x_1,$$

$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{L_2}{1 + x_1^m} - x_2$$

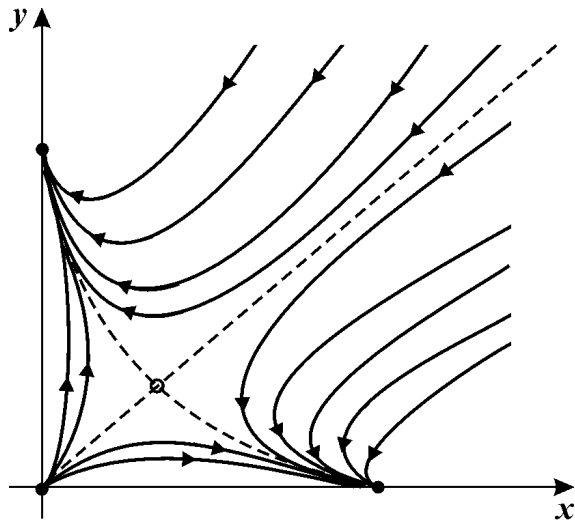
Фазовый портрет триггерной системы Жакоба и Моно



$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{L_1}{1+x_2^m} - x_1,$$
$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{L_2}{1+x_1^m} - x_2$$

$$L_1=L_2=3; \quad m=2$$

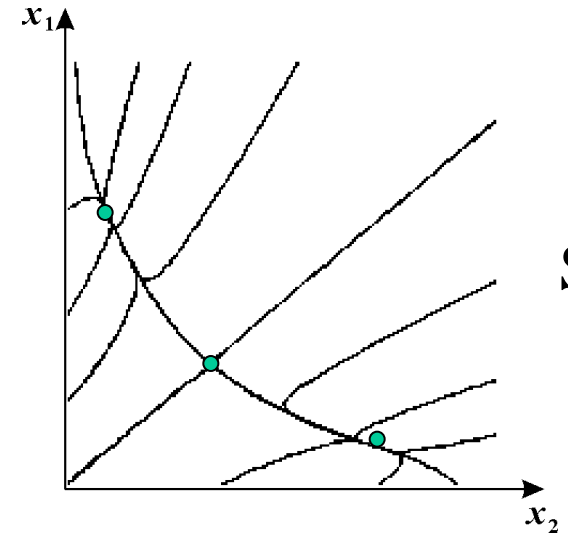
Отличие процессов эволюции и синтеза



EVO

$$\frac{dx}{dt} = x - xy - ax^2,$$
$$\frac{dy}{dt} = y - xy - ay^2.$$

Уничтожение лишних



SYN

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{L_1}{1 + x_2^m} - x_1,$$
$$\frac{dx_2}{dt} = \frac{L_2}{1 + x_1^m} - x_2$$

Замедление процессов

Жак Люсьён Монó (*Jacques Lucien Monod* 1910-1976)



Французский биохимик и микробиолог, лауреат Нобелевской премии по биохимии и медицине 1965 совместно с Франсуа Жакобом и Андре Львовым и «за открытия, касающиеся генетического контроля синтеза ферментов и вирусов». Моно разработал метод непрерывного культивирования микроорганизмов. Во время второй мировой войны (1940-1945) принимал активное участие во французском сопротивлении. В своей широко известной биологической и философской работе «Случайность и необходимость» (1970) Моно, основываясь на открытиях в области биохимии, утверждал, что все формы жизни – это результат случайных мутаций (случайность) и дарвиновского отбора (необходимость).