

П. О. МАКАРОВ

**МАЯТНИК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ И ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В МИКРОИНТЕРВАЛАХ ВРЕМЕНИ**

(Представлено академиком Л. А. Орбели 17 VII 1948)

Нервный процесс как явление чрезвычайной быстроты, эволюционирующее в каждой точке возбудимого субстрата тысячные доли секунды, требует для своего изучения и регистрации приборов, рассчитанных на точное измерение характеристик нервного процесса в соответствующих им величинах. Разрешение этой биофизической задачи — задачи физического измерения биологического процесса — является непременным условием успешности экспериментов по физиологии нервного процесса. Мы формулируем эту задачу как изучение текущего процесса в микроинтервалах времени. Микроинтервал пересекает течение заданного процесса в тот или иной момент его становления; этим определяется значение микроинтервала как динамической характеристики.

Не следует смешивать понятие микроинтервалов с дозировкой того или иного стимула во времени: последнее не есть изучение возникающего процесса в те или иные моменты его развития, а изучение влияния характеристики стимула на условия возникновения процесса. Если же процесс, вызванный нанесением стимула, анализируется в различные точно отмеренные интервалы времени после нанесения стимула, то, следовательно, процесс этот изучается в микроинтервалах.

Ясно, что чем точнее служащие для целей измерения приборы, тем точнее будут получаемые результаты.

До настоящего времени были известны маятники для отсчета микроинтервала Кейт-Люкаса⁽⁵⁾, Гельмгольца, Лапика⁽⁴⁾, Кремера и др.⁽¹⁻³⁾.

Мы построили новую модель маятника (рис. 1), взяв за основу старые конструкции и приложив все усилия, чтобы использовать их самые лучшие и целесообразные элементы. Принципиальное устройство прибора взято нами из маятника Люкаса как наиболее портативного и удобного в обращении. Разберем те конструктивные дополнения, те новые детали, которые внесены нами в конструкцию маятника для обеспечения дальнейшего уточнения его роли как измерителя микроинтервалов.

Первое конструктивное дополнение состоит в наличии ряда ступеней точности отсчета интервалов, что достигнуто комбинацией двух факторов: во-первых, изменением скорости полета маятника путем изменения амплитуды колебания, т. е. изменения угла падения билы маятника, а также изменением положения груза на биле маятника; во-вторых, приспособлениями для уточнения ин-

тервала между платиновыми или вольфрамовыми контактами маятника. Первая ступень точности отсчета отмеряет интервалы времени с точностью до 0,2 мсек. и используется для получения сравнительно больших интервалов от 0,2 до 700 мсек. Вторая ступень точности отсчетов интервалов осуществляется с помощью специального платинового контакта K_1 , передвигающегося микрометрическим винтом B под контролем храповичка C на салазках D с точностью до 0,1 мм, что соответствует, при скорости полета маятника 3 м/сек., интервалу 0,03 мсек. Диапазон перемещения этого контакта равен 50 мм, и, следовательно, он может отсчитывать интервалы в диапазоне от 0,03

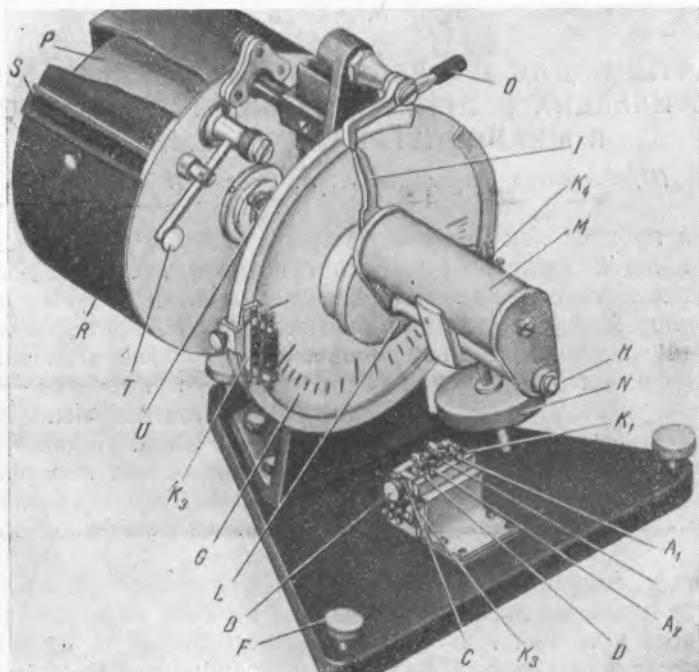


Рис. 1. Общий вид маятника с контактами, кимо- и фоторегистацией. $A_{1,2}$ — клеммы, B — головка микрометрического винта, C — храповик микрометрического винта, D — салазки, E — контактные винты с платиновой напайкой, F — основание с кронштейном, G — диск с делениями, H — ось, I — било, K_1 — контакт с микрометрическим винтом, $K_{2,3,4}$ — контакты 3-полюсные, L — храповик, останавливающий било, M — груз, N — противовес, O — пусковой рычаг, P — барабан съемный, R — кожух съемный, S — щель с линзой и делениями, T — задерживающий механизм, U — храповик с собачкой

до 15 мсек. Ясно, что для получения больших интервалов мы переключаем цепь на первую ступень отсчета, где мы можем получить интервалы от 0,2 до 700 мсек. Еще более высокая ступень точности используется в том случае, когда счет ведется на микросекунды, — это достигается применением оптического отсчета. Берется небольшого увеличения микроскоп с окуляр-микрометром, который устанавливается перед соединенной с контактом шкалой с делениями. Передвижение контакта на 0,01 мм уже учитывается окуляр-микрометром. При скорости полета маятника 3 м/сек. он пролетит расстояние 0,01 мм за 3,3 мсек. Это — предел точности данного прибора.

Таким образом, в нашем приборе счет интервалов можно вести с трехступенчатой точностью до 0,2 0,03 и 0,003 мсек.

Второе нововведение, осуществленное нами, состоит в том, что мы имеем возможность расставить во времени с теми или иными интервалами не 2—3—4, а 12 стимулов. Каким путем это достигается? На основании маятника располагаются два контакта, каждый из которых является двойным — замыкательным и размыкательным, т. е. позволяет послать два различных стимула. Таким образом, контакты, расположенные на основании маятника, обеспечивают возможность посылки ряда из 4 стимулов. Четыре таких же двойных контакта ($K_2—K_4$), расположенные на кругу диска G , дают еще 8 стимулов — всего 12 стимулов (6 замыкательных и 6 размыкательных), которые можно комбинировать различными способами.

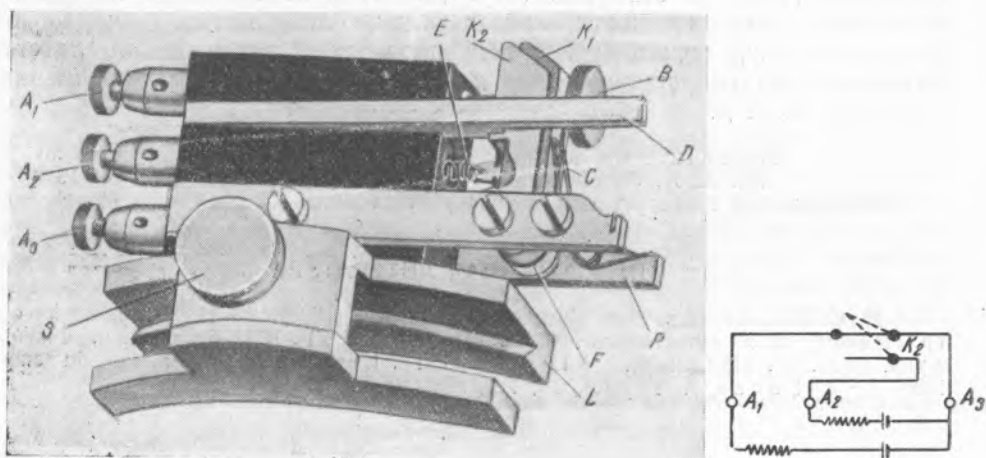


Рис. 2. Трехполюсный контакт, позволяющий разомкнуть одну электрическую цепь и одновременно замкнуть другую. A_1, A_2, A_3 — клеммы, K_1, K_2 — контакты, S — стопор, B — контактный винт, C — пружина контакта K_1 , D — планка с уступом, E — пружина контакта K_2 , F — изоляция между контактами K_1 и K_2 , L — полозок, P — скоба.
Схема включения: $A_1K_1A_2$ — линия размыкания, $A_2K_2K_1A_3$ — линия замыкания

Третье усовершенствование состоит в специальном устройстве трехполюсного контакта. Эта конструктивная задача разрешалась многими авторами, но прежние решения оставались неудовлетворительными, так как замыкание происходило с большой задержкой. Мы построили новую конструкцию, основанную на мгновенном смыкании двух металлических пластин, раздвоенных наподобие подвижной двузубой вилки. При этом маятник разрывает один контакт и в тот же самый момент замыкает другой. Конструкция ясна из рис. 2. Этот трехполюсный контакт позволяет просто решить ряд вопросов, например: 1) любую ритмическую стимуляцию, любую радиосхему можно включить и выключить на желаемый период времени в пределах 700 мсек.; 2) можно варьировать замыкательные и размыкательные стимулы (индукционные удары, конденсаторные разряды, толчки прямоугольного тока и интервалы между ними); 3) можно в разной последовательности сочетать ритмическую стимуляцию с 1, 2, 5—6 замыкательными или размыкательными стимулами.

Четвертое дополнение позволяет сочетать со стимуляцией кимографическую и фотографическую регистрацию физиологических и психофизиологических процессов. Для этого на противоположной стороне маятника, на той же оси, надевается барабан P ,

который, таким образом, движется вместе с маятником. Надев на барабан закопченную бумагу, мы сможем регистрировать процесс кинематографически при желаемой скорости посылки стимулов и интервалов между ними. Фотографирование процесса достигается следующим образом: надеваем металлический кожух R на барабан, и тогда направляемые на щель S кожуха, покрытую цилиндрической линзой с делениями, зайчик от осциллографа или тень струны гальванометра или экран катодного осциллографа фокусируются линзой на фотобумагу барабана. С помощью этого дополнения можно точно определить латентный период, интервал между стимулами и токами действия и другие физиологические и психофизиологические процессы.

В таком законченном усовершенствованном виде наш маятник приспособлен к решению задач измерения микроинтервалов между различными рядами стимулов (от 2 до 12) и обеспечивает измерение хронаксии, рефрактерности, экзальтации, лабильности, диапазонов физиологических функций, скорости проведения возбуждения, латентных периодов: сокращения, тока действия, рефлексов, предощущения, ощущения и т. д.

Физиологический институт
им. А. А. Ухтомского
Ленинградского государственного университета

Поступило
15 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. С. Воронцов, Изв. Смоленск. гос. ун-та (1928). ² П. О. Макаров, Тр. Ленингр. об-ва естествоисп., 67, в. I (1939). ³ Р. В. Телеснин, Физиол. журн. ССС, 24, 1182 (1938). ⁴ L. Lapicque, L'excitabilité en fonction du temps. 1926. ⁵ K. Lucas, Z. Physiol., 36, 113, 253 (1908).