

---

# Содержание

■ ПРЕДИСЛОВИЕ .....	6
■ ГЛАВА 1. ПОЛЁТ МЯЧА: ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ .....	10
<i>начальная скорость, дальность полёта, число Рейнольдса, турбулентный поток, сила Магнуса, коэффициент подъёмной силы</i>	
■ ГЛАВА 2. ОТСКОК МЯЧА .....	34
<i>упругий отскок, неупругий отскок, отскок с вращением, угол отскока, отскок от клюшки, отскок от штанги</i>	
■ ГЛАВА 3. ФУТБОЛ .....	54
<i>удар по мячу, направление удара, мяч в полёте, удар по воротам, аэродинамические эффекты, пенальти, угловой удар, влияние ветра, удар о штангу, перехват паса, удар головой</i>	
■ ГЛАВА 4. БАСКЕТБОЛ .....	98
<i>отскок мяча от пола, бросок по кольцу, оптимальная траектория, техника выполнения броска, удар мяча о кольцо, удар мяча о щит</i>	
■ ГЛАВА 5. ТЕННИС .....	122
<i>особенности отскока теннисного мяча, влияние покрытия корта на стиль игры, теннисная ракетка, особые точки поверхности ракетки, оптимальная масса ракетки, виды натяжки струн, удар ракеткой по мячу, подача в теннисе, звук удара, особенности полёта теннисного мяча</i>	
■ ГЛАВА 6. ГОЛЬФ .....	170
<i>клюшки для гольфа: зачем их так много? удар по мячу, траектория полёта, отскок мяча, движение мяча по траве, условие захвата мяча лункой, условие меткого удара, движение вверх или вниз по грину, зачем ямки на мяче?</i>	

---

■ **ГЛАВА 7. НАСТОЛЬНЫЙ ТЕННИС** ..... 208

*особенности аэродинамики шарика, ракетки для настольного тенниса, два вида хватки ракетки, отскок шарика от ракетки, виды ударов, вклад силы Магнуса, выбор оптимальной тактики игры*

■ **ГЛАВА 8. БАДМИНТОН** ..... 226

*скорости в бадминтоне, особенности траектории волана, разница между перьевым и пластиковым воланами, закрутка волана в полёте, механизм переворота волана в воздухе, особенности удара в бадминтоне*

■ **ГЛАВА 9. ВОЛЕЙБОЛ** ..... 242

*виды ударов в волейболе, атакующий удар в волейболе, планирующая подача, особенности аэродинамики волейбольного мяча*

■ **ГЛАВА 10. РЕГБИ И АМЕРИКАНСКИЙ ФУТБОЛ** ..... 254

*принципы игры, особенности мяча в регби, пасы и пробежки, перехват соперника, удар ногой по мячу, аэродинамика мяча в регби, виды ударов, удар по воротам, отскок овального мяча*

■ **ГЛАВА 11. БЕЙСБОЛ И КРИКЕТ** ..... 288

*игра с битой, бросок и удар, виды бросков в бейсболе, удар битой по мячу, траектория полёта мяча, как поймать мяч, особенности аэродинамики*

■ **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ** ..... 310

*предельный переход, вычисление значений момента инерции, поведение тригонометрических функций в области малых углов, немного о дифференциальных уравнениях*

---

# Предисловие

Игры с мячом — одно из самых древних развлечений в истории человечества. По-видимому, самые ранние находки предметов, напоминающих мячи, и даже остатков целых стадионов датированы примерно 1400 годом до н. э. и были обнаружены в Южной и Центральной Америке. Фигуры с предметами, напоминающими мяч, присутствуют и на древнеегипетских памятниках. Популярны игры с мячом были и в Древней Греции, и в Древнем Риме.

В жизни каждого из нас — современных людей — мяч и игры с ним занимают важное место. Кто из нас не играл в футбол во дворе или не перекидывал товарищу воланчик бадминтонной ракеткой возле дачи или на лесной полянке? А школьные уроки физкультуры с играми в волейбол или баскетбол помнит каждый. В более взрослом возрасте многие увлекаются теннисом или гольфом.

Причины популярности этих игр — в их простоте и одновременно интересе, азарте, элементе соревновательности, которые они вызывают в людях. Один футбольный мяч может на несколько часов занять компанию из десятка детей или взрослых. И какие страсти кипят подчас в таких играх! А какой океан эмоций вызывают матчи профессиональных команд по футболу, баскетболу или бейсболу — ведь это самые «смотрибельные» события на нашей планете, набирающие подчас сотни миллионов или даже миллиарды зрителей со всех её уголков.

Исходы таких событий трудно предвидеть, и иногда они зависят от совершенно случайных обстоятельств — красивого действия или, наоборот, ошибки игрока, непредсказуемого отскока мяча или, например, погодных условий, в которых происходит игра.

---

Богатство вариантов развития событий в играх и их привлекательность для зрителей обусловлены огромным разнообразием физических явлений, сопровождающих их. Простая, казалось бы, вещь — удар по мячу и его последующее движение — представляет собой сложное физическое явление. Траектория мяча после удара зависит от множества факторов. Это, прежде всего, то, как именно нанесён удар. Важна не только сила, с которой он происходит, но и точка мяча, в которую наносится удар, материал, из которого сделан мяч, его форма и особенности поверхности, а также способ удара — ногой, рукой или специальным снарядом — ракеткой, клюшкой или битой. Важны как форма такого снаряда, так и свойства материала, из которого он сделан.

Форма траектории при полёте подвержена и влиянию атмосферных условий — плотности и влажности воздуха и наличия ветра. А отскок и качение мяча зависят ещё и от вида и состояния покрытия — поля или площадки, на которой происходит игра. Таким образом, желаемое действие в игре, например точный удар, требует правильного учёта множества факторов. Профессиональные спортсмены хорошо знают, как важна здесь каждая мелочь, и поэтому крайне внимательно подходят к анализу конкретных условий игры и выбору инвентаря и проводят так много времени в тренировках, пытаясь найти оптимальную форму своего действия в зависимости от этих факторов.

В силу указанных причин игры с мячом для своего объяснения и понимания вовлекают многочисленные разделы современных физических наук, такие как механика, термодинамика, аэро- и гидродинамика, теория упругости, реология, материаловедение, даже биофизика. Это делает наблюдение за спортивными баталиями крайне интересным не только для болельщиков, но и для физиков. Ведь целый ряд важных физических законов и явлений может быть продемонстрирован на наглядных примерах. А простые и знакомые каждому игровые ситуации являются материалом для интересных, а иногда и сложных физических задач.

---

Рассказывая в этой книге о разных играх с мячом с точки зрения физики, автор, по существу, предлагает читателю вместе с ним подумать над решением этих задач. Это делает книгу актуальной для всех, кто интересуется физикой, — школьников старших классов и учителей физики, ищущих интересные задачи для физических кружков и дополнительных занятий, студентов соответствующих специальностей.

Надеюсь, что книга будет интересной и для взрослых, интересующихся спортом, как болельщиков, так и спортсменов, ведь понимание природы и механизма какого-либо явления делает гораздо более интересным наблюдение за ним, а тем более участие в таких наглядных «физических экспериментах». Конечно, маловероятно, что Лионель Месси при выполнении своих сверхточных ударов по воротам использует понимание того, как турбулентность влияет на траекторию мяча, или зависимость силы Магнуса от частоты и направления вращения. Но эмпирические знания, полученные им и другими профессиональными спортсменами в ходе постоянных тренировок, формируют спортивное мастерство и интуицию, которые и отличают чемпионов от рядовых спортсменов.

Отмечу в заключение, что требуемый для понимания книги уровень математической подготовки читателя полностью соответствует программе средней школы, а для помощи в некоторых наиболее трудных математических вопросах в книге предусмотрено специальное приложение.

Интересного и полезного чтения!