

# СОДЕРЖАНИЕ



Пролог  
ИГРАЯ В ТЕННИС,  
ДУМАЕШЬ ЛИ ТЫ О ФИЗИКЕ? ..... 1

Глава 1  
ЗАКОН ДЕЙСТВИЯ  
И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ..... 13

1.1. Закон действия и противодействия ..... 14

    Как работает закон действия и противодействия..... 15

    Равновесие ..... 20

    Равновесие сил и закон действия и противодействия.... 23

    Силы, действующие на расстоянии  
    и закон действия и противодействия..... 30

1.2. Зачем нужна физика ..... 33

    Три закона Ньютона..... 33

<b>Давайте разберёмся!</b> .....	<b>37</b>
Скалярные и векторные величины .....	37
Основные свойства векторов .....	37
Векторы сил и равновесие.....	39
Три закона движения Ньютона.....	41
Где начинается вектор силы тяжести .....	42
Запись третьего закона Ньютона в виде равенства .....	43
Сила притяжения и всемирное тяготение .....	44

## Глава 2

# **СИЛА И ДВИЖЕНИЕ** .....

### **2.1. Скорость и ускорение** .....

    Равномерное прямолинейное движение..... 48

    Ускорение..... 52

**Давай обсудим!**

    Найдём пройденное расстояние при переменной скорости .. 55

### **2.2. Первый и второй законы Ньютона**.....

    Закон инерции .....

    Закон ускорения  $F = ma$ .....

**Давай обсудим!**

    Находим точное значение силы..... 75

    Движение мяча, брошенного под углом к горизонту .....

### **Давайте разберёмся!** .....

    Три уравнения равноускоренного движения..... 87

    Сложение векторов по правилу параллелограмма..... 88

    Сложение и разложение сил..... 89



Первый закон Ньютона .....	91
Второй закон Ньютона .....	91
Направления скорости, ускорения и силы.....	92
Тело не обладает силой .....	93
Единица силы — Ньютон (Н) .....	94
Как определяются масса и сила.....	94
Определение силы тяжести.....	95
Движение мяча, брошенного под углом к горизонту .....	98
Найдём ускорение и скорость .....	100
Найдём пройденное телом расстояние .....	101

## Глава 3

# **ИМПУЛЬС .....** 103

### **3.1. Импульс тела и импульс силы .....** 104

Понятие импульса .....	106
<i>Давай обсудим!</i>	
Зависимость импульса от массы .....	109
Изменение импульса — это импульс силы.....	111
<i>Давай обсудим!</i>	
Найдём импульс при ударе .....	117

### **3.2. Импульс тела сохраняется .....** 120

Третий закон Ньютона и сохранение импульса.....	120
<i>Давай обсудим!</i>	
Открытый космос и сохранение импульса.....	126

### **3.3. Импульс в повседневной жизни .....** 129

Смягчение удара.....	129
Как усилить подачу!.....	133

<b>Давайте разберёмся!</b> .....	<b>139</b>
Импульс тела и импульс силы.....	139
Импульс тела и импульс силы в повседневной жизни.....	140
Вывод закона сохранения импульса .....	141
Разделение и соединение тел — задачи, легко решаемые с помощью закона сохранения импульса .....	143
Единица импульса .....	144
Закон действия и противодействия и закон сохранения импульса .....	145
Закон сохранения импульса в векторном виде.....	145
Движение ракеты.....	147

## Глава 4 **ЭНЕРГИЯ** .....

**151**

### **4.1. Работа и энергия** .....

**152**

    Что такое энергия? .....

153

    Давай обсудим!

    В чём разница между импульсом и кинетической энергией? ..

162

    Потенциальная энергия (энергия положения) .....

164

    Работа и потенциальная энергия .....

169

    Давай обсудим!

    Работа и сохранение энергии .....

172

    Работа и энергия.....

175

    Давай обсудим!

    Связь между работой и кинетической энергией.....

178

    Тормозной путь и скорость .....

180

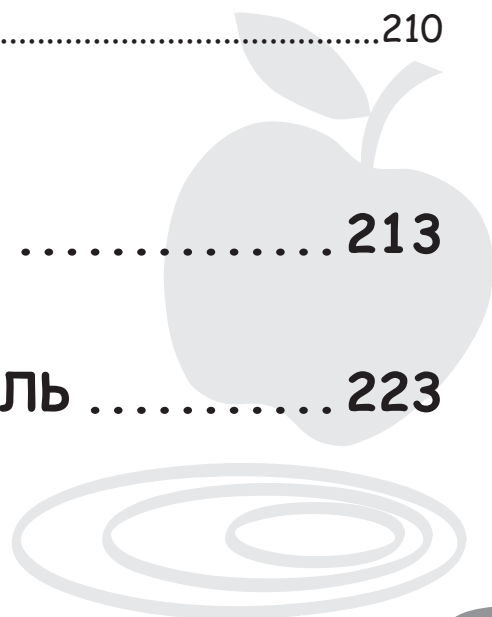
### **4.2. Закон сохранения механической энергии** ..

**184**

    Преобразование энергии.....

184

Сохранение механической энергии.....	187
<b>Давай обсудим!</b>	
Закон сохранения механической энергии в действии ...	191
Находим скорость и высоту подброшенного мяча.....	194
<b>Давай обсудим!</b>	
Сохранение механической энергии на склоне .....	195
<b>Давайте разберёмся! .....</b>	<b>200</b>
Единицы энергии .....	200
Различие между работой по подъёму тела и работой силы тяжести.....	201
Потенциальная энергия.....	203
Скорость и высота подбрасывания .....	204
Направление силы и работа .....	204
Работа в случае переменной силы (одномерный случай).....	206
Консервативные силы и закон сохранения энергии .....	208
Потенциальная энергия пружины и сила.....	209
Неконсервативные силы и закон сохранения энергии .	209
Закон сохранения энергии и задача столкновения монет .....	210
<b>Эпилог</b>	
<b>МАТЧ МЕГУМИ И САЯКИ .....</b>	<b>213</b>
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>223</b>



# ПРЕДИСЛОВИЕ

Для понимания физики очень важно верно «представлять» себе предмет изучения. В классической механике, в частности, нужно понимать, как применять законы физики к нестационарным, движущимся телам. Но, к сожалению, традиционные учебники редко дают пригодное описание такого движения.

Настоящая книга пытается выйти за рамки этих традиционных учебников с помощью комиксов. Комиксы — это не просто картинки, это выразительное и динамичное средство, способное отражать ход времени. Используя комиксы, можно ярко, в движении показывать все изменения. С их помощью скучные на первый взгляд законы и выдуманные ситуации превращаются в нечто знакомое, приятное и доходчивое. Ну, и само собой разумеется, комиксы — это весело, что также подчёркивается в настоящей книге.

Как автору, желающему узнать, удался ли мой замысел, мне остаётся лишь ждать оценок читателей. К моему глубокому удовлетворению, эта работа была завершена, хотя и с исключением одной главы — из-за ограничения на количество страниц — о поездке в парк развлечений, где объяснялось вращательное движение и неинерциальная система отсчёта.

Главный персонаж этой книги — ученица средней школы Мегуми Ниномия, которая находит физику довольно сложным предметом. Я искренне желаю, чтобы моя книга достигла как можно больше читателей, которые также считают, что «физика сложна», и которым «не нравится физика», и помогла им найти в физике что-нибудь приятное, как это случилось с Мегуми. Пусть даже самую малость.

И в заключение, что не менее важно, я хотел бы выразить глубокую признательность персоналу редкции издательства Ohmsha, сценаристу re\_akino и иллюстратору Кейта Такацу, чьи совместные усилия привели к появлению этого замечательного комикса, создать который мне одному было бы не под силу.

Хидео Нитта  
Ноябрь 2006

# ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЛИЦА



## Мегуми Ниномия

Любит спорт, а также мечтать и подшучивать. Подруги называют её Мегу, а Риота — уважительно Ниномия-сан.

## Риота Нономура

Любит физику, серебряный призёр олимпиады по физике. Сначала Мегуми обращается к нему Нономура-кун (суффикс «кун» добавляют при обращении к мальчикам), а позже, когда они лучше узнают друг друга, — просто Риота.

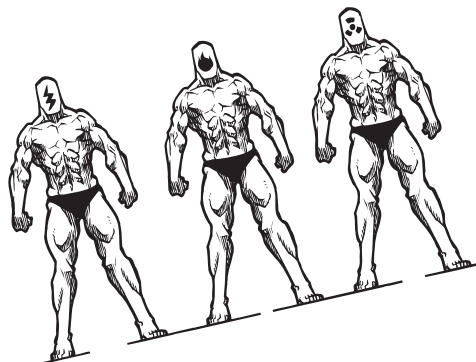


## Саяка Кода

Любит физику и спорт, но больше всего любит себя.

## Странные парни

из учебника физики

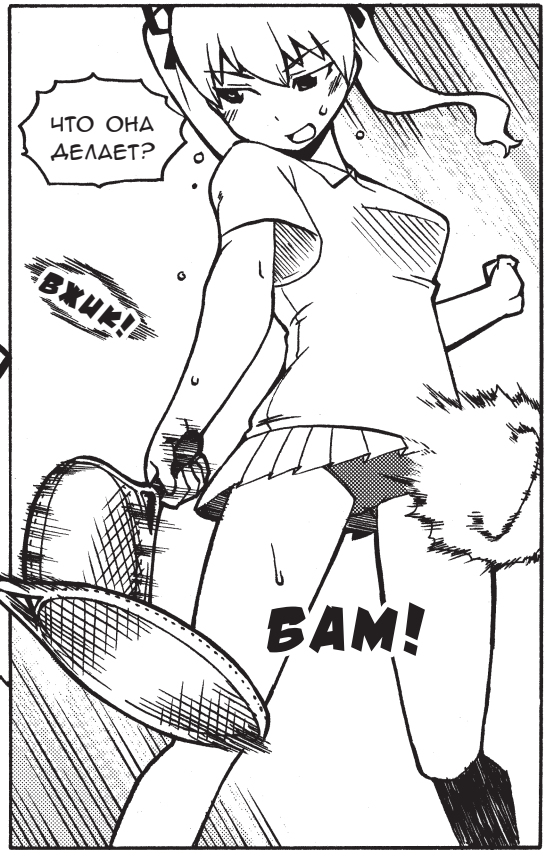
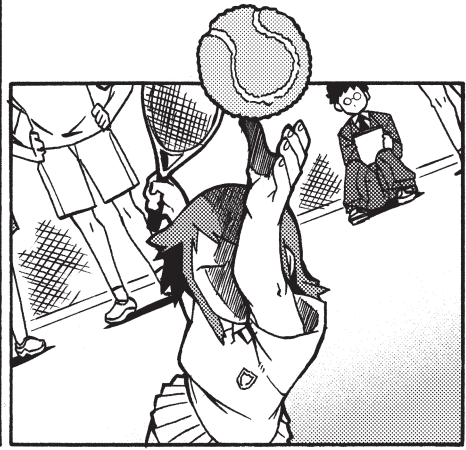
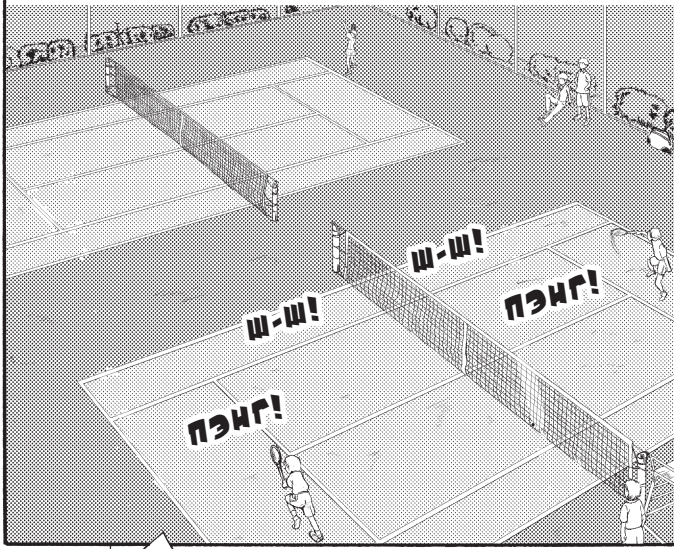


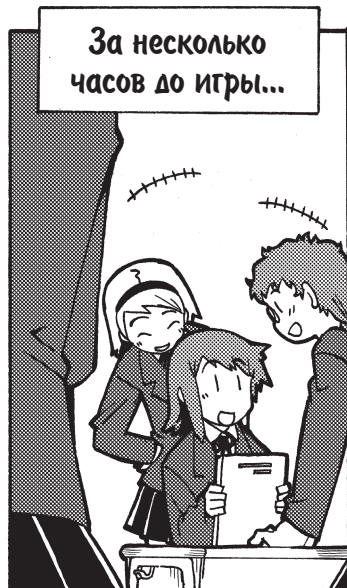
**ПРОЛОГ**

**ИГРАЯ В ТЕННИС,  
ДУМАЕШЬ ЛИ  
ТЫ О ФИЗИКЕ?**









За несколько часов до игры...



НУ КАК!  
НА ВСЕ  
ВОПРОСЫ  
ОТВЕТИЛ?

Э-э-э...  
НУ, ТОГДА

СКАЖИ, КАК  
ТЫ ОТВЕТИЛ  
НА ДЕВЯТЫЙ  
ВОПРОС?

ДАВАЙ  
СРАВНИМ  
ОТВЕТЫ.



9) Предположим. Вы ударяете теннисной ракеткой по мячу. Что больше: сила, с которой мяч отталкивает ракетку, или сила, с которой ракетка отталкивает мяч?

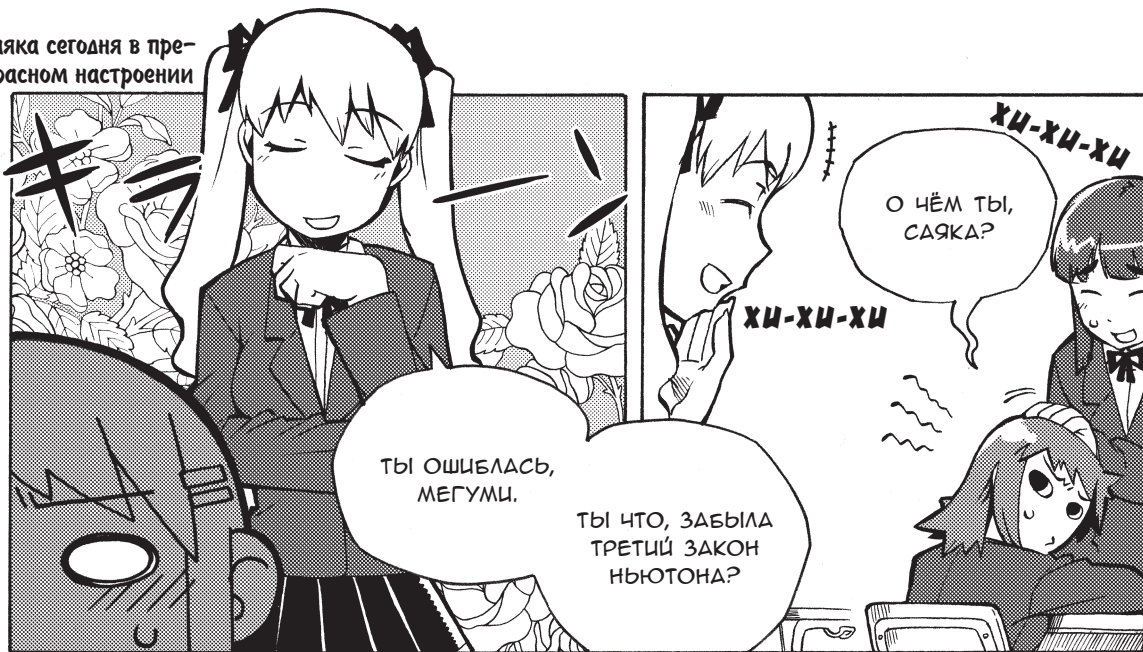
А. Сила, с которой ракетка отталкивает мяч, больше силы, с которой мяч отталкивает ракетку.  
Б. Сила, с которой мяч отталкивает ракетку, больше силы, с которой ракетка отталкивает мяч.  
В. Сила, с которой ракетка отталкивает мяч, и сила, с которой мяч отталкивает ракетку, равны.  
Г. Связь между силой, с которой ракетка отталкивает мяч, и силой, с которой мяч отталкивает ракетку, зависит от массы ракетки и скорости мяча.

ПРАВИЛЬНЫЙ ОТВЕТ В.

ПОЧЕМУ?

О НЕТ... Я ВЫБРАЛА А.

Саяка сегодня в прекрасном настроении



ТЫ ОШИБЛАСЬ,  
МЕГУМЦ.

ТЫ ЧТО, ЗАБЫЛА  
ТРЕТИЙ ЗАКОН  
НЬЮТОНА?

О ЧЁМ ТЫ,  
САЯКА?

ВСПОМНИ ТРЕТИЙ  
ЗАКОН НЬЮТОНА —  
ЭТО ЗАКОН ДЕЙСТВИЯ  
И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ.

Сила, с которой ракетка  
действует на мяч

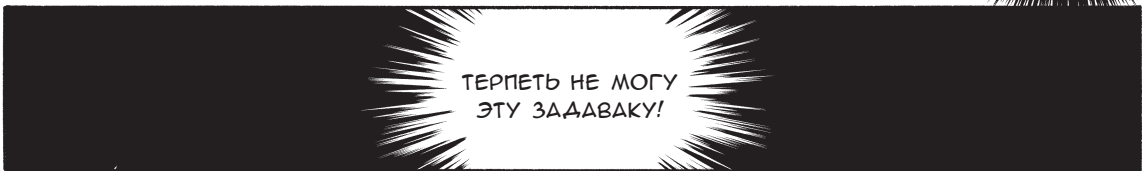
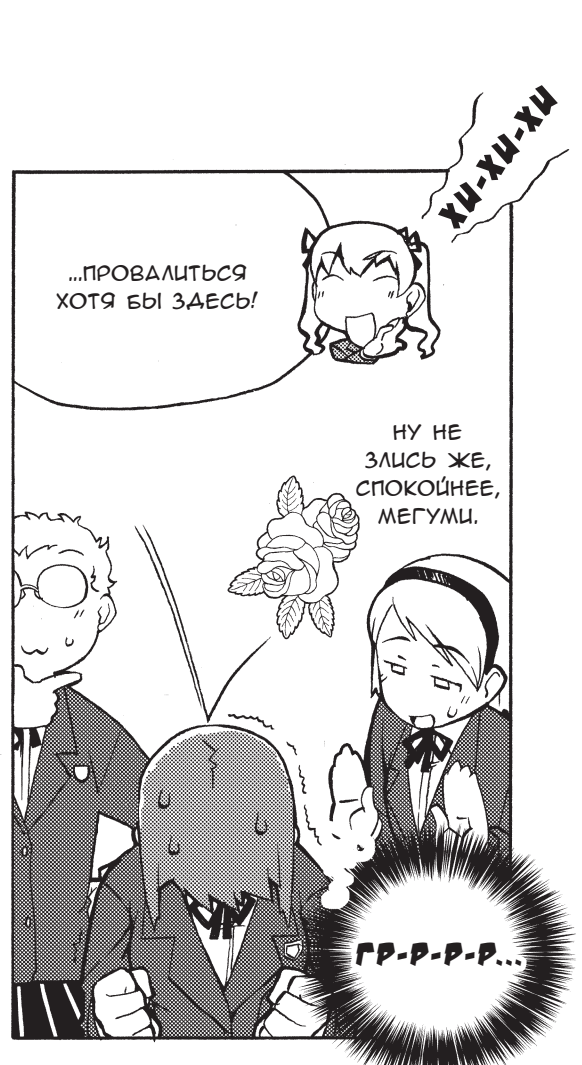
Сила, с которой мяч  
действует на ракетку

ХЕ-ХЕ

СИЛА, С КОТОРОЙ  
РАКЕТКА ДЕЙСТВУЕТ  
НА МЯЧ, И СИЛА,  
С КОТОРОЙ МЯЧ  
ДЕЙСТВУЕТ  
НА РАКЕТКУ, ВСЕГДА  
РАВНЫ.

ТАК ЧТО  
ПРАВИЛЬНЫЙ  
ОТВЕТ В.

НУ ДА?!



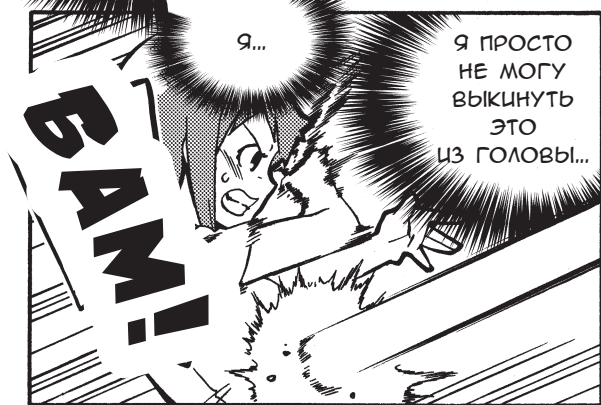


О НЕТ. НИКАК  
НЕ МОГУ  
СОСРЕДО-  
ТОЧИТЬСЯ.

**ПЭНГ!**

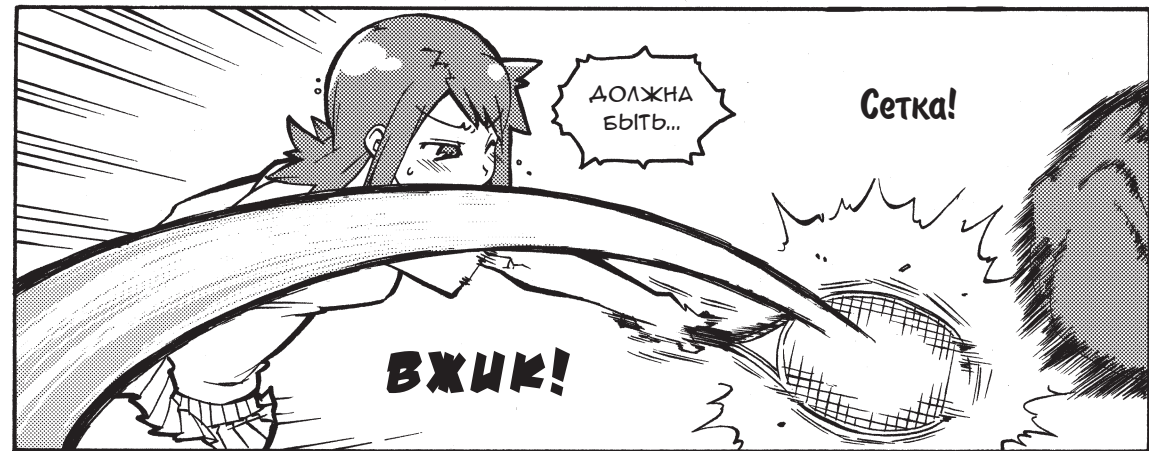


СИЛА,  
ДЕЙСТВУЮЩАЯ  
НА МЯЧ,  
ДОЛЖНА БЫТЬ  
БОЛЬШЕ!



Я...

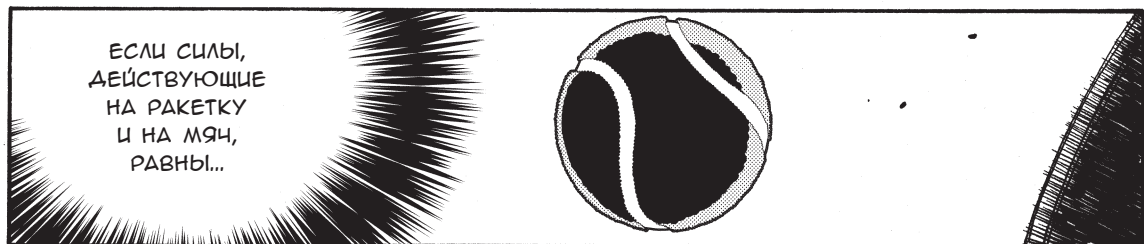
Я ПРОСТО  
НЕ МОГУ  
ВЫКИНУТЬ  
ЭТО  
ИЗ ГОЛОВЫ...



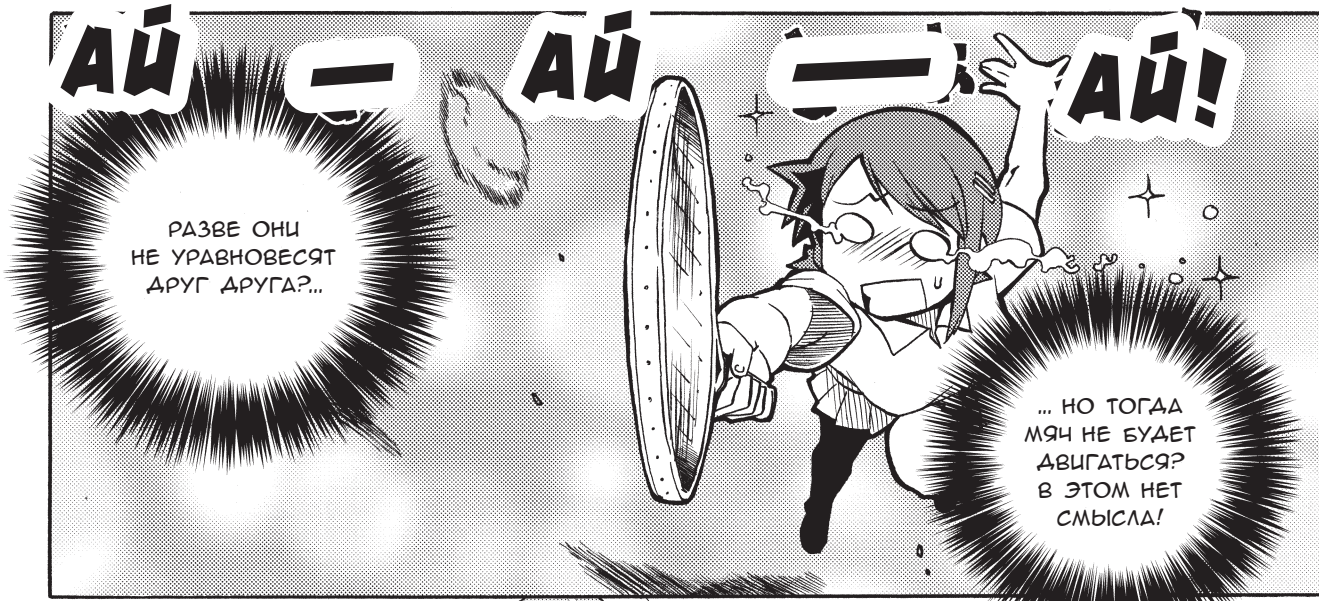
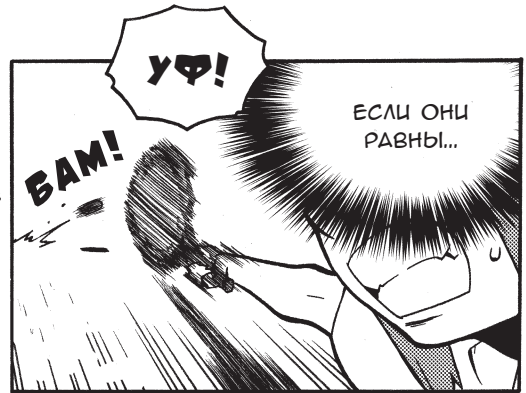
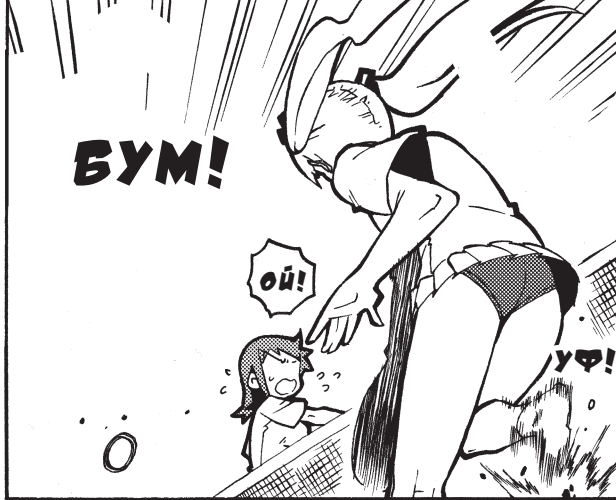
ДОЛЖНА  
БЫТЬ...

Сетка!

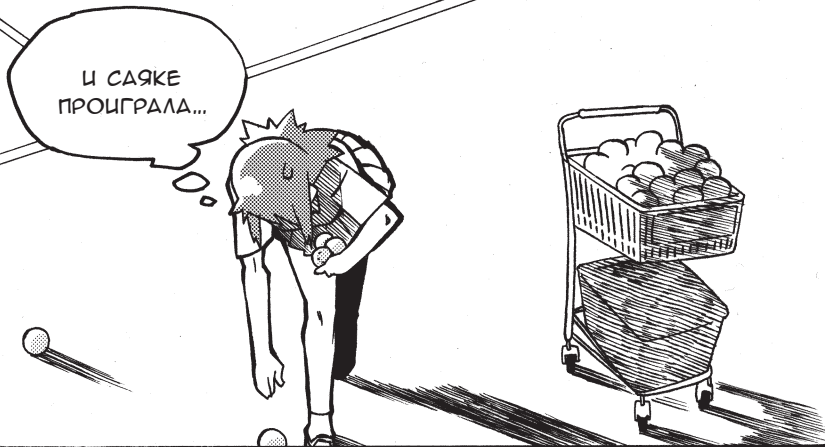
**ВЖИК!**



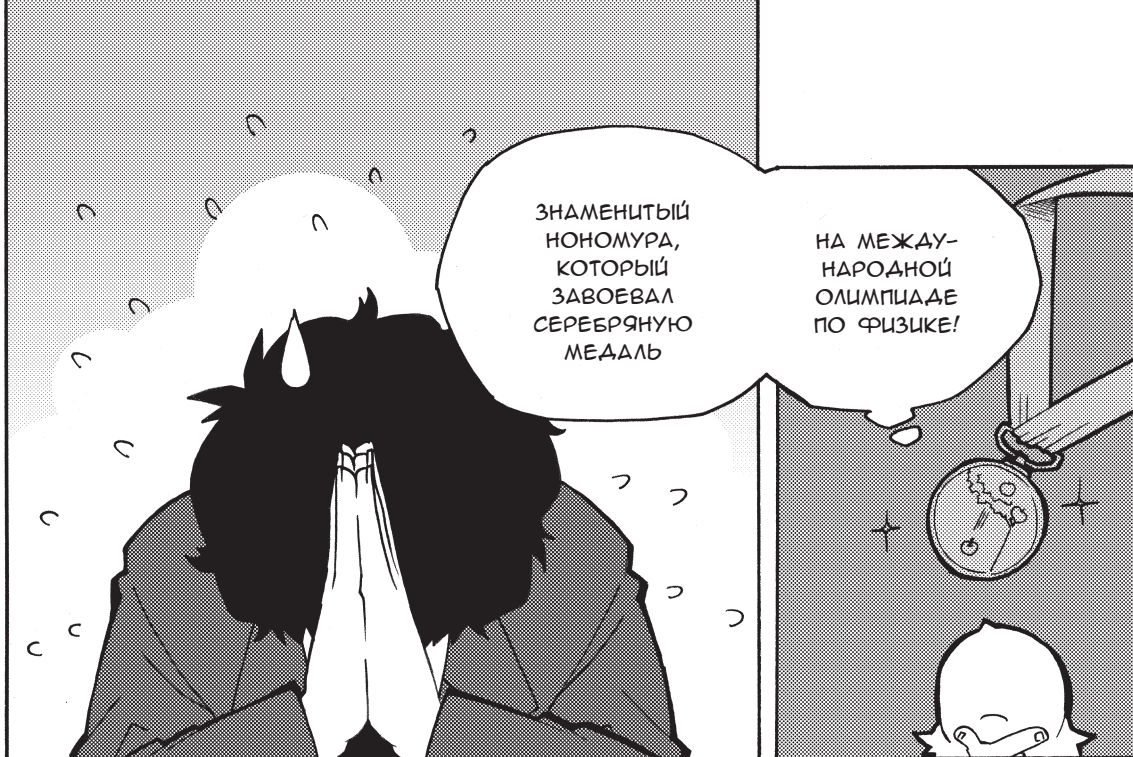
ЕСЛИ СИЛЫ,  
ДЕЙСТВУЮЩИЕ  
НА РАКЕТКУ  
И НА МЯЧ,  
РАВНЫ...



Позже этим же днем...



ПРОЛОГ. ИГРАЯ В ТЕННИС, ДУМАЕШЬ ЛИ ТЫ О ФИЗИКЕ?







НО НИЧЕГО  
СТРАШНОГО,  
ТЫ ВЕДЬ  
НЕ НАРОЧНО.



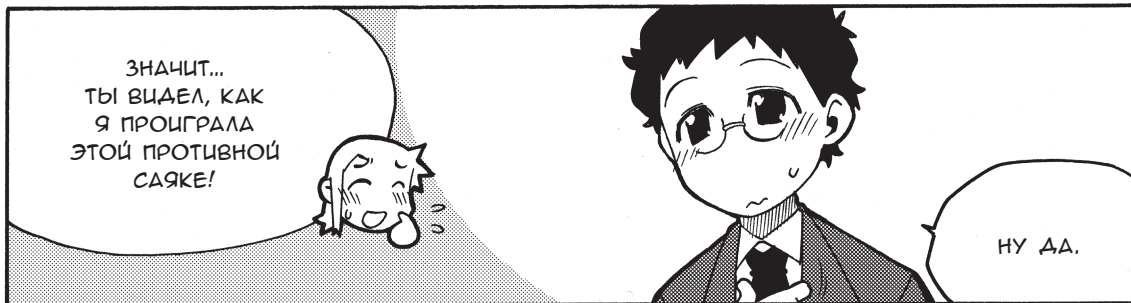
А ЧТО  
ТЫ ВООБЩЕ  
ЗДЕСЬ ДЕЛАЕШЬ?



Я РАССЧИТЫВАЛ  
АВЖИЖЕНИЕ МЯЧА,  
ПОКА СМОТРЕЛ  
ЗА ВАШЕЙ ИГРОЙ.

Эффект Магнуса  
 $m \frac{d^2 y}{dt^2} = -mg + \dots$

УХ ТЫ! ЧЕГО ЖЕ  
ЕЩЁ ОЖИДАТЬ  
ОТ СЕРЕБРЯНОГО  
ПРИЗЁРА  
ОЛИМПИАДЫ  
ПО ФИЗИКЕ?!



ЗНАЧИТ...  
ТЫ ВИДЕЛ, КАК  
Я ПРОИГРАЛА  
ЭТОЙ ПРОТИВНОЙ  
САЯКЕ!

НУ ДА.



ТОГДА СЛУШАЙ  
ВНИМАТЕЛЬНО!

ЗНАЕШЬ,  
ПОЧЕМУ  
Я ПРОИГРАЛА?..

ПФФ!

**ХВАТЬ!**

О ЧЁМ  
ТЫ?



ПОМНИШЬ, СЕГОДНЯ  
НА КОНТРОЛЬНОЙ  
ПО ФИЗИКЕ БЫЛ  
ВОПРОС  
О ТЕННИСНОМ  
МЯЧЕ И РАКЕТКЕ?

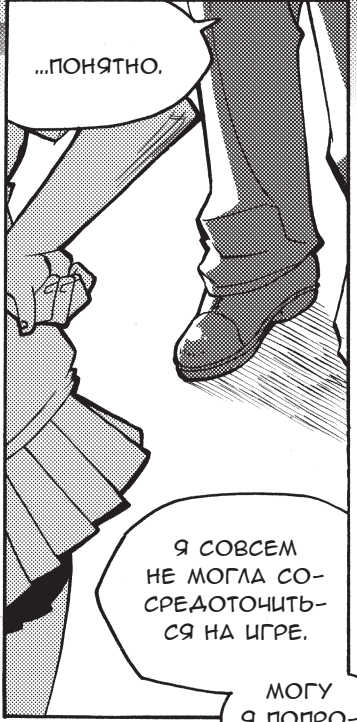
КОНЕЧНО.



Я ОТВЕТИЛА  
НЕПРАВИЛЬНО.  
И ЭТО МЕШАЛО  
МНЕ ВСЮ ИГРУ.

ЭТО  
ОТВЛЕКАЛО  
ТЕБЯ?

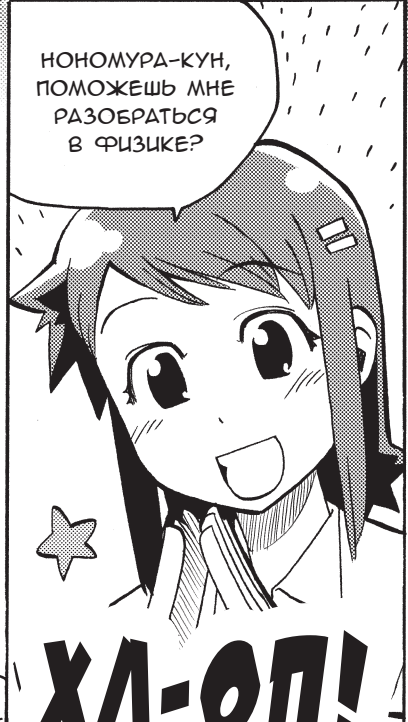
ДА.



...ПОНЯТНО.

Я СОВСЕМ  
НЕ МОГЛА СО-  
СРЕДОТОЧИТЬ-  
СЯ НА ИГРЕ.

МОГУ  
Я ПОПРО-  
СИТЬ?



НОНОМУРА-КУН,  
ПОМОЖЕШЬ МНЕ  
РАЗОБРАТЬСЯ  
В ФИЗИКЕ?

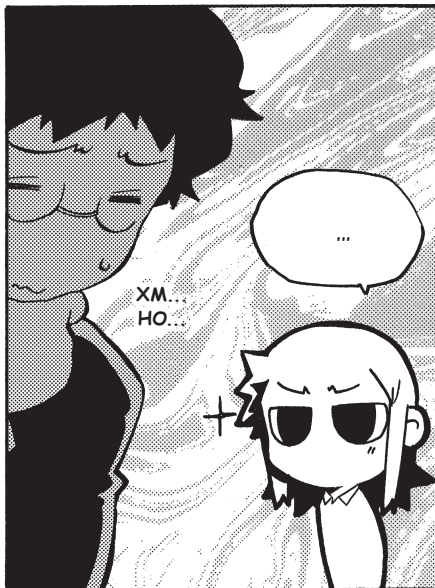
**ХЛ-ОП!**



ПОЧЕМУ Я?!

ДР-Р  
ДР-Р

У ТЕБЯ ЖЕ  
СЕРЕБРЯНАЯ  
МЕДАЛЬ. РАЗВЕ НЕТ?  
ПОЖАЛУЙСТА,  
ПОМОГИ МНЕ!



ХМ...  
НО...

...



Ой, ой!  
ТАК БОЛЬНО!  
ЭТО ВСЁ  
ОТ ТВОЕГО  
МЯЧА.

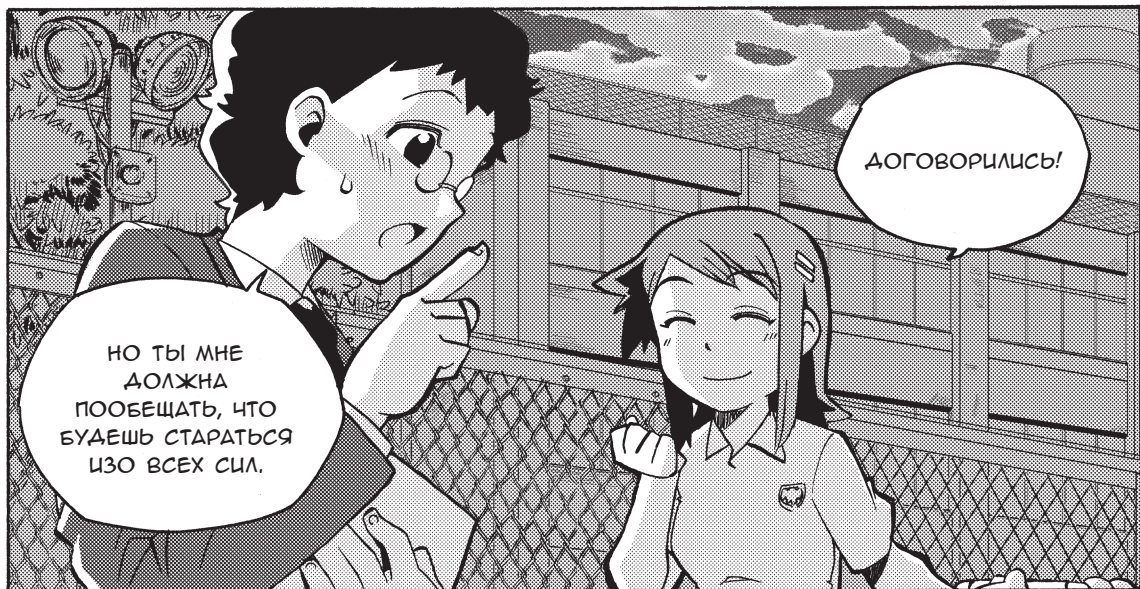
О-О-ОХ...

ЧТО? А ПОЧЕМУ  
ТЫ ДЕРЖИШЬСЯ  
ЗА ЖИВОТ?  
ВЕДЬ Я ПОПАЛ  
В ГОЛОВУ!



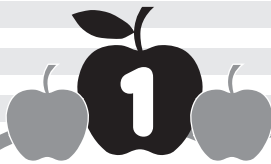
НУ, ХОРОШО!  
ТАК И БЫТЬ,  
Я ПОМОГУ ТЕБЕ!

ПРАВДА?

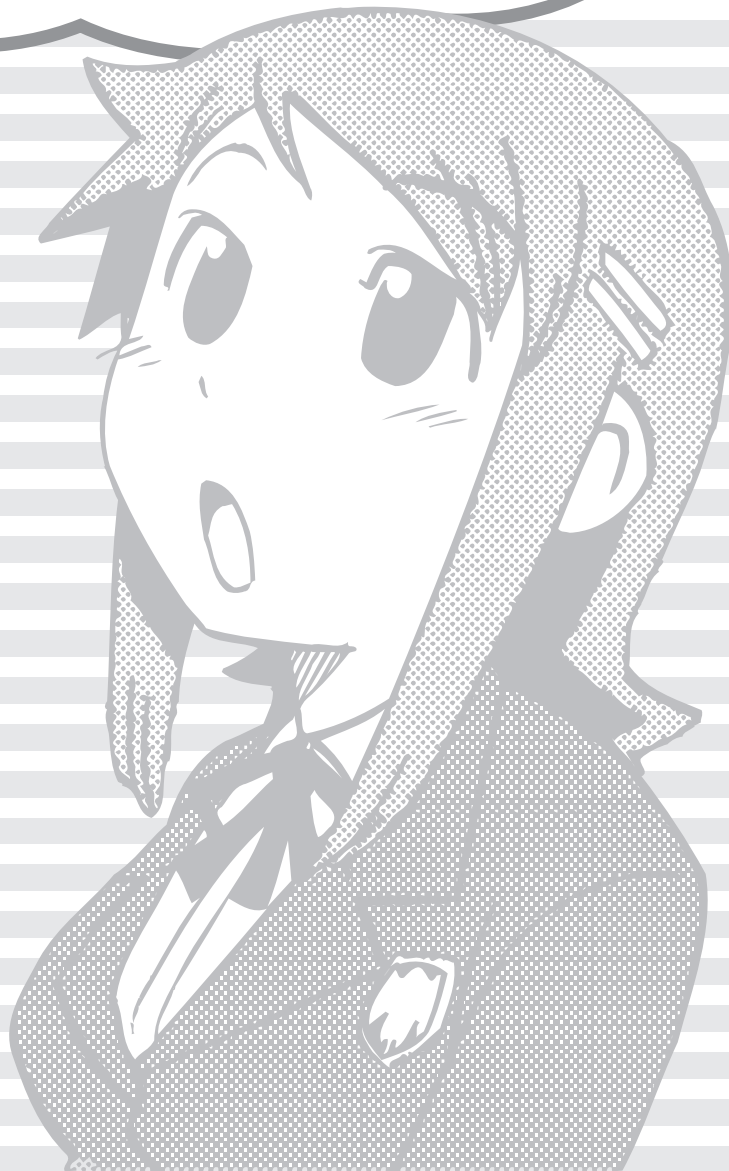


НО ТЫ МНЕ  
ДОЛЖНА  
ПООБЕЩАТЬ, ЧТО  
БУДЕШЬ СТАРАТЬСЯ  
ИЗО ВСЕХ СИЛ.

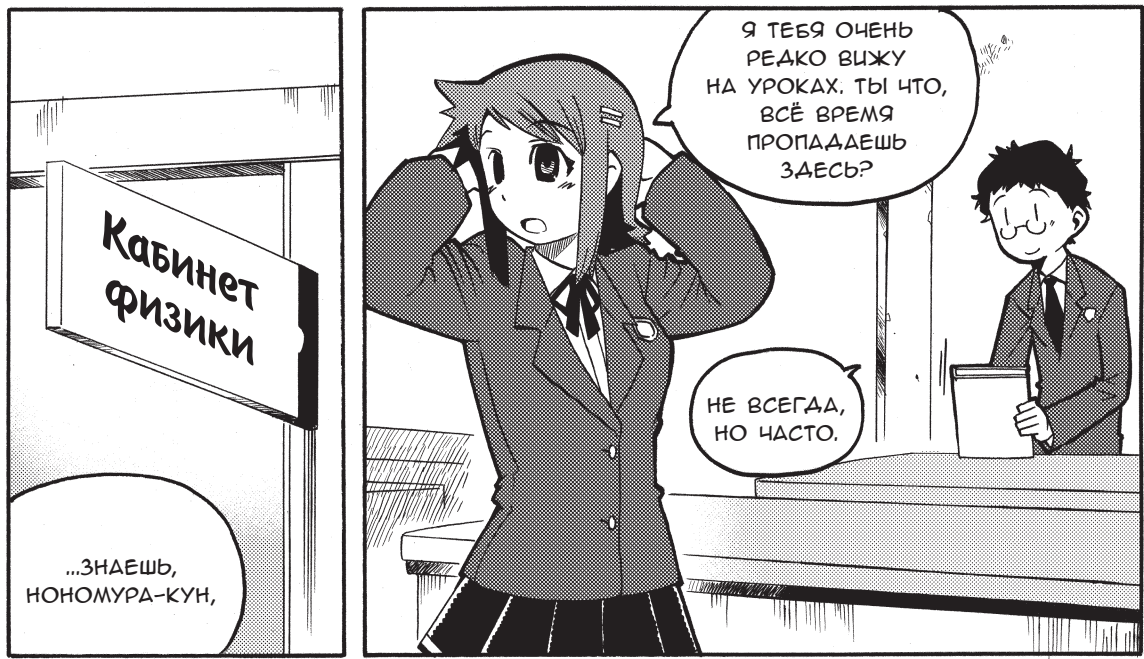
ДОГОВОРИЛИСЬ!



**ЗАКОН  
ДЕЙСТВИЯ  
И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ**



# 1.1. ЗАКОН ДЕЙСТВИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

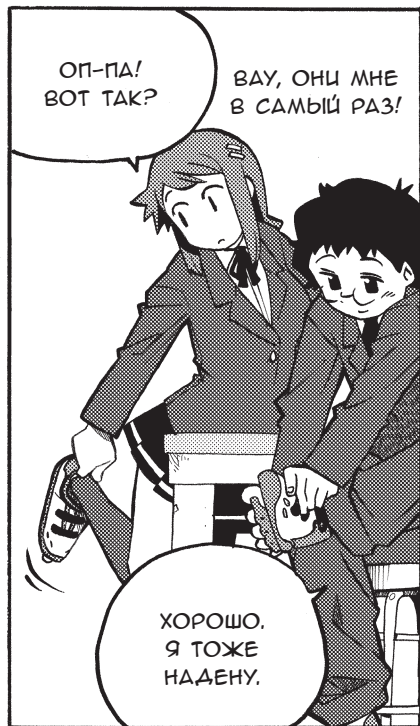
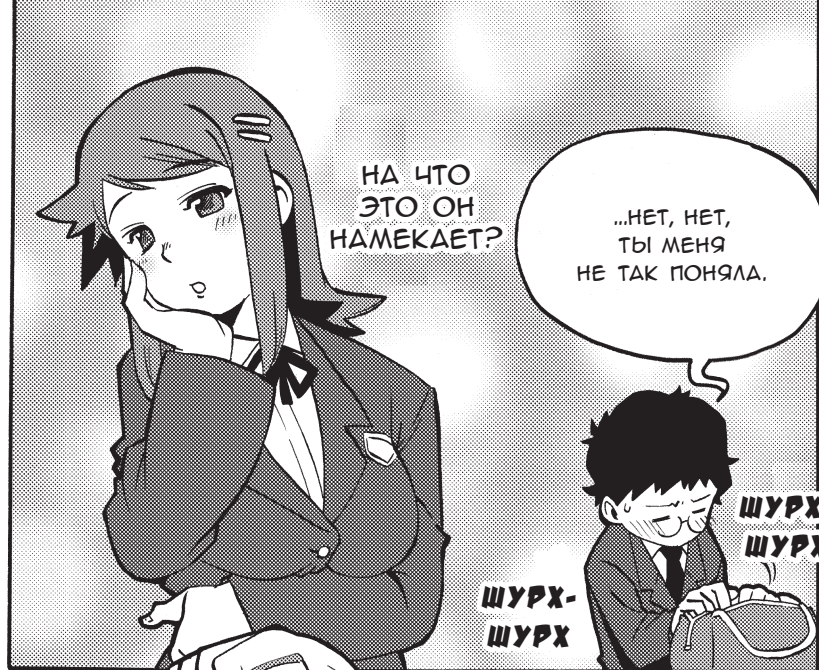




## КАК РАБОТАЕТ ЗАКОН ДЕЙСТВИЯ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ

ПОЖАЛУЙ, НАЧНЁМ.







А ТЕПЕРЬ... ВЫТЯНИ РУКИ, КАК Я, И ОТТОЛКНИ МЕНЯ.

КАК ТЫ ПОЛАГАЕШЬ, НИНОМЦЯ-САН, СМОЖЕШЬ ЛИ ТЫ САВИНУТЬ МЕНЯ, А САМА ОСТАТЬСЯ НА МЕСТЕ?



ВОТ ТАК?

ДА, ВОТ ТАК.

**ХЛОП!**



ХА!

Я, С МАССОЙ 40 КГ, ТОЛКНУ ТЕБЯ, НОНОМУРА-КУН, С МАССОЙ 60 КГ.

ДАЖЕ СМЕШНО!

ИМЕННО ТАК. ПОЧЕМУ ТЫ ТАК УХМЫЛЯЕШЬСЯ?



НУ, ПОСМОТРИМ!

**ВЖ-Ж-Ж**

**ВЖ-Ж-Ж**

ВИДИШЬ, МЫ ОБА ДВИЖЕМСЯ.

И ТЫ, НИНОМЦЯ-САН, ОТЪЕХАЛА ДАЛЬШЕ.

ММ... А ТЫ ПРАВ...



А ТЕПЕРЬ  
ПОПРОБУЕМ-КА  
НАОБОРОТ.

ЕСЛИ ТОЛКАТЬ БУДУ  
Я, МЫ СНОВА  
РАЗЪЕДЕМСЯ ТОЧНО  
ТАК ЖЕ.



ПРАВДА?

КОГДА  
ТЫ ТОЛКАЕШЬ МЕНЯ,  
ТО ЕСТЬ  
ПРИКЛАДЫВАЕШЬ  
КО МНЕ СИЛУ,

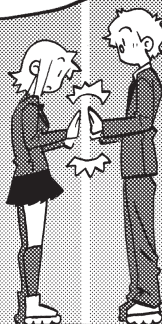
ДАЖЕ ЕСЛИ  
Я НЕ СОБИРАЮСЬ  
ТОЛКАТЬ ТЕБЯ  
В ОТВЕТ,



К ТВОЕМУ ТЕЛУ  
ТОЖЕ БУДЕТ  
ПРИЛОЖЕНА СИЛА,  
НИНОМИЯ-САН.

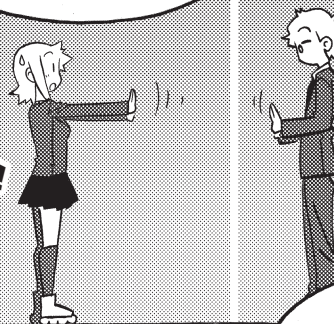
ВСЯКИЙ РАЗ, КОГДА  
КТО-ТО ИЗ НАС  
КАКИМ-ЛИБО ОБРАЗОМ  
ПРИКЛАДЫВАЕТ СИЛУ  
К ДРУГОМУ,

**ХОП!**



НА НЕГО ДЕЙСТВУЕТ  
ТАКАЯ ЖЕ СИЛА,  
ТОЛЬКО В ОБРАТНОМ  
НАПРАВЛЕНИИ.

**УХ  
ТЫ!**



ТАК ЧТО  
В ЛЮБОМ СЛУЧАЕ  
Я НЕ МОГУ  
САВИНУТЬ ТЕБЯ,  
А САМ ОСТАТЬСЯ  
НА МЕСТЕ.