

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

МАНГА

ТЕРМОДИНАМИКА

Томохиро Харада
Риэ Кавамото



OHM
Ohmsha

ОДЭКА

DMK
издательство

Занимательная физика

ТЕРМОДИНАМИКА

Манга

マンガでわかる

熱力学

原田知広／著

川本梨恵／作画

ユニバーサル・パブリッシング／制作



OHM
Ohmsha

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МАНГА
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА.
.....
Термодинамика

ХАРАДА ТОМОХИРО
КАВАМОТО РИЭ

ПЕРЕВОД С ЯПОНСКОГО
КЛИОНСКОГО А. Б.



2-е издание, электронное

ДМК
ПРЕСС
ИЗДАТЕЛЬСТВО

ОДЭКА

Москва
Додэка, ДМК Пресс, 2023

УДК 536
ББК 22.317
Т56

Томохиро, Харада.

Т56 Занимательная физика. Термодинамика : манга / Харада Томохиро (автор), Кавамото Риэ (худож.) ; пер. с яп. А.Б. Клионского. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 210 с. — Москва : ДМК Пресс, Додэка-XXI, 2023. — (Образовательная манга). — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-412-4

Клуб «Необуч» — лаборатория необычных вкусов — переживает нелёгкие времена. Грядёт университетская проверка, в ходе которой члены клуба должны предъявить результаты своей деятельности. Но первокурсница Эйми Мураяма по случайности съела заварные пирожные, предназначенные для оценки работы клуба! Что же теперь делать?

Положение усугубляется тем, что у Эйми проблемы в учёбе: ей слишком трудно даётся курс термодинамики. Сэнсэй Масунаги и старшекурсник Като помогают ей наверстать упущенное. Каковы основные начала термодинамики? В чём разница между теплотой и температурой? Что такое обратимые и необратимые процессы? А главное — помогут ли эти знания в деле спасения клуба?

Увлекательный сюжет и иллюстрированные объяснения помогут читателям освежить знания или сделать первый шаг в удивительный мир термодинамики!

УДК 536
ББК 22.317

Электронное издание на основе печатного издания: Занимательная физика. Термодинамика : манга / Харада Томохиро (автор), Кавамото Риэ (худож.) ; пер. с яп. А.Б. Клионского. — Москва : ДМК Пресс, Додэка-XXI, 2015. — 208 с. — (Образовательная манга). — ISBN 978-5-97060-118-1. — Текст : непосредственный.

Издательство выражает благодарность *В. О. Панфилову*

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть воспроизведена в любой форме или любыми средствами, электронными или механическими, включая фотографирование, ксерокопирование или иные средства копирования или сохранения информации, без письменного разрешения издательства

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-412-4

© 2009 Tomohiro Harada and Universal Publishing.
© Перевод, Издательский дом «Додэка-XXI», 2013
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Впервые в мире? Манга о термодинамике?..

Дорогие читатели, любите ли вы физику? Эта книга посвящена изучению термодинамики – одного из разделов физики.

Но, может быть, вы полагаете, что физика для вас чрезмерно сложна? Скорее всего, причина такого «комплекса неполноценности» кроется в неудачном опыте изучения механики, которую в качестве основного раздела физики преподают в школе. Но не беспокойтесь: изучение термодинамики принесёт удовольствие даже тому, кто не силён в механике! Здесь не встретится ничего похожего, например, на закон инерции, уравнение движения и тому подобных вещей. К тому же данная книга написана в лёгкой, занимательной форме, так чтобы читать её было легко и интересно. Для начала можете просто полистать её, рассматривая рисунки.

Наконец, все основные законы термодинамики представлены здесь не в математическом, а в словесном выражении – это особенно важно для тех, кто не любит формулы.

Впрочем, возможно, что среди читателей этой книги встретятся и знатоки физики! Осмелюсь спросить у них: «Что именно привлекает вас в физике?» Может быть, загадки элементарных частиц, составляющих основу материи, или тайны бескрайней Вселенной? В таком случае, вероятно, вас больше всего привлекают квантовая механика или теория относительности, по сравнению с которыми термодинамика кажется чересчур приземлённой... Но не спешите с выводами. Всё-таки не случайно термодинамика вызывает пристальное внимание многих людей, глубоко изучающих физику. Одна из причин тому – широта её применения. Многие законы механики и других разделов физики верны только для идеальных условий, но в термодинамике всё иначе: её законам подчиняются любые природные явления!

Поэтому, если кто-то из знатоков физики спросит вас, какой раздел этой науки вам более всего интересен, смело отвечайте: «Конечно, термодинамика!» И тогда вас сочтут настоящим физиком.

В заключение я хотел бы поблагодарить сотрудников Отдела разработок издательства Ohmsha, г-жу Окимото Юка из компании UNIVERSAL PUBLISHING, а также художницу г-жу Кавамото Риэ за неоценимую помощь в подготовке данной книги.

*Харада Томохиро
Декабрь 2009 г.*

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	2
ПРОЛОГ. КРИЗИС КЛУБА "НЕОБУЧ"	7
ГЛАВА 1. ТЕМПЕРАТУРА И УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ	13
1.0. Лаборатория Масунаги	14
1.1. Понятие температуры	17
1.2. Тепловое равновесие	22
Спецкурс Като-куна. Лекция 1	27
1.3. Закон Бойля-Мариотта	28
1.4. Закон Гей-Люссака	30
1.5. Объединённый газовый закон	32
Спецкурс Като-куна. Лекция 2	37
1.6. Математические формулы и обозначения, используемые в термодинамике	39
1.6.1. Список используемых букв и обозначений	39
1.6.2. Краткий экскурс в математику	40
1.6.3. Частные производные и полный дифференциал	44
1.6.4. Криволинейный интеграл и контурный интеграл	47
1.7. Уравнение состояния	51
Итоги главы 1	54
ГЛАВА 2. ПЕРВОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	55
2.0. Хитрый план председателя клуба	56
2.1. Работа и энергия	58
2.2. Теплопроводящая стенка	64
2.3. Первое начало термодинамики	67
2.4. Что такое теплота?	73
Спецкурс Като-куна. Лекция 3	77
2.5. Опыт Джоуля	78
2.7. Гидростатическое давление	84
2.8. Удельная теплоёмкость	85
2.9. Свободное расширение идеального газа	88
2.10. Ещё раз о свободном расширении идеального газа	92
Итоги главы 2	94

ГЛАВА 3. ВТОРОЕ НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ	95
3.0. Как вернуть невозвратное?	96
3.1. Обратимо или необратимо?	101
3.2. Постулат Клаузиуса: второе начало термодинамики	106
3.3. Цикл Карно	111
3.4. Цикл Карно для идеального газа	119
3.5. Вечный двигатель второго рода	124
3.6. Различные примеры необратимости	132
Итоги главы 3	136
ГЛАВА 4. ЭНТРОПИЯ	137
4.0. Эйми начинает действовать	138
4.1 Что такое энтропия?	140
Спецкурс Като-куна. Лекция 4	150
4.4. Неравенство Клаузиуса	156
4.5. Энтропия	163
4.6. Энтропия и первое начало термодинамики	172
4.7. Энтальпия и свободная энергия	174
4.8. Соотношения Максвелла	177
4.9. От термодинамики к статистической механике	180
Сделаем-ка заварные пирожные	184
Готовим крем	185
Приготовление теста и второе начало термодинамики	186
Почему раздувается тесто?	186
Спецкурс Като-куна. Лекция 5	188
Итоги главы 4	192
ПРИЛОЖЕНИЕ	193
Чёрные дыры и термодинамика	196
Эпизод. «НеобУч» продолжает работу	200
Краткая биография автора	207

ПРОЛОГ



КРИЗИС КЛУБА "НЕОБУЧ"



ПРОЛОГ. КРИЗИС КЛУБА «НЕОБУЧ»

НЕКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
НЕКОЕЙ ПРЕФЕКТУРЫ.

ВЕСЁЛЫЕ ГОДЫ СТУДЕНЧЕСТВА:
ЛЮБОВЬ, УЧЁБА,
КЛУБЫ ПО ИНТЕРЕСАМ...

И ВОТ
КАК-ТО РАЗ
СЛУЧИЛОСЬ НЕЧТО
НЕОЖИДАННОЕ....

Б
А
Б
А
М
!

ШУ-ШУ-ШУ

СТУДСОВЕТ

ЧТО ЕЩЁ ЗА
НОВОСТИ?!

ШУ-ШУ-ШУ

ЖУТЬ...

Э-Э-Э...
ЧТО
ПРОИСХОДИТ?

КОШМАР
КАКОЙ-ТО...

НУ И НУ!!
А ТЕБЕ ЧЕГО,
МЕЛЮЗГА?

Т-Т
КУРС

ГР-Р!

ЧТО ЗА НАГЛОСТЬ?!
Я, МЕЖДУ ПРОЧИМ,
СТУДЕНТКА!



УВЕДОМЛЯЕМ ВСЕХ СТУДЕНТОВ!

ЧТОБЫ ВЫЯСНИТЬ, ЧЕМ ЗАНИМАЮТСЯ КЛУБЫ ПО ИНТЕРЕСАМ, БЫЛО РЕШЕНО ПРОВЕСТИ ИССЛЕДОВАНИЕ КЛУБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. КАЖДЫЙ КЛУБ УНИВЕРСИТЕТА ДОЛЖЕН ПРЕДОСТАВИТЬ НИЖЕПЕРЕЧИСЛЕННЫЕ ДОКУМЕНТЫ.

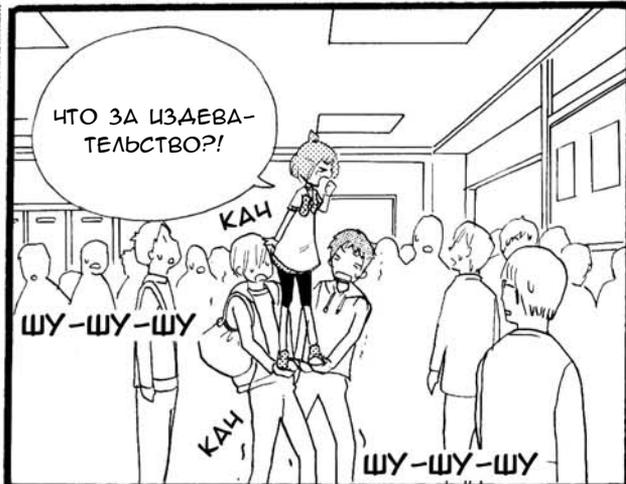
1. ОТЧЁТ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛУБА В ТЕКУЩЕМ СЕМЕСТРЕ.
2. ОТЧЁТ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ ВСЕХ ЧЛЕНОВ КЛУБА В ТЕКУЩЕМ СЕМЕСТРЕ (ПОСЛЕ СДАЧИ ВСЕХ ЗАЧЁТОВ И ЭКЗАМЕНОВ ЗА ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ СЕМЕСТР).

РЕШЕНИЕ О ПРОДОЛЖЕНИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ БУДЕТ ПРИНЯТО ПО КАЖДОМУ ИЗ КЛУБОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕРКИ.
СТУДЕНЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

1. ОТЧЁТ О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КЛУБА В ТЕКУЩЕМ СЕМЕСТРЕ.
2. ОТЧЁТ ОБ УСПЕВАЕМОСТИ ВСЕХ ЧЛЕНОВ КЛУБА В ТЕКУЩЕМ СЕМЕСТРЕ

(ПОСЛЕ СДАЧИ ВСЕХ ЗАЧЁТОВ И ЭКЗАМЕНОВ ЗА ПРЕДШЕСТВУЮЩИЙ СЕМЕСТР).

РЕШЕНИЕ О ПРОДОЛЖЕНИИ ФИНАНСИРОВАНИЯ БУДЕТ ПРИНЯТО ПО КАЖДОМУ ИЗ КЛУБОВ НА ОСНОВЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОВЕРКИ.



«НЕОБУЧ»

ЛАБОРАТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ
НЕОБЫЧНОГО ВКУСА

ЧТО СЕГОДНЯ
НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ,
ДУМАЮ, ВСЕМ
ПОНЯТНО!

СОКРАЩЁННО -
«НЕОБУЧ»

ВНЕПЛАНОВОЕ ЗАСЕДАНИЕ КЛУБА
ПО ПРИНЯТИЮ КОНТРМЕР К ПРОВЕРКЕ.



ГРЯДУЩАЯ ПРОВЕРКА -
ЭТО СЕРЬЁЗНОЕ
ИСПЫТАНИЕ ДЛЯ НАШЕГО
КЛУБА "НЕОБУЧ"!

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КЛУБА
«НЕОБУЧ»
НИСИДА МАЮ (ТРЕТИЙ
КУРС БИОЛОГИЧЕСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ)

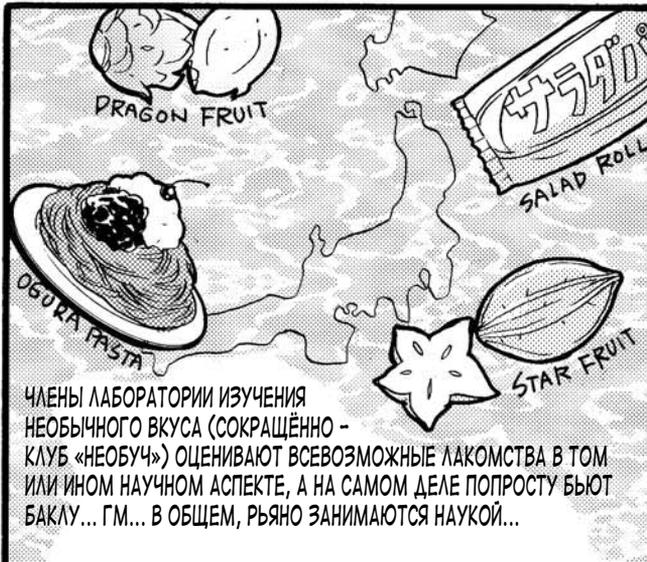
ВОТ ЖЕ ЗАДАЧКА...
НУ И ЧЕМ ЗАНИМАЕТСЯ
НАШ КЛУБ?
МЫ ЖЕ ТОЛЬКО
И ДЕЛАЕМ, ЧТО ЧАИ
ГОНЯЕМ...

О НАС ПОДУМАЮТ,
ЧТО МЫ ПРОСТО
ВЫКОЛАЧИВАЕМ
ДЕНЬГИ ИЗ
УНИВЕРСИТЕТА...

...И НА САМОМ
ДЕЛЕ ЭТО
НЕДАЛЕКО ОТ
ИСТИНЫ!

ЗАМОЛКНИ,
БУДЬ ТАК ДОБР!!!

ЧЛЕН КЛУБА «НЕОБУЧ»
КАТО НАОКИ (ПЕРВЫЙ
КУРС БИОЛОГИЧЕСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ).



ЧЛЕНЫ ЛАБОРАТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ
НЕОБЫЧНОГО ВКУСА (СОКРАЩЁННО -
КЛУБ «НЕОБУЧ») ОЦЕНИВАЮТ ВСЕВОЗМОЖНЫЕ ЛАКОМСТВА В ТОМ
ИЛИ ИНОМ НАУЧНОМ АСПЕКТЕ, А НА САМОМ ДЕЛЕ ПОПРОСТУ БЬЮТ
БАКЛУ... ГМ... В ОБЩЕМ, РЪЯНО ЗАНИМАЮТСЯ НАУКОЙ...

В ЭТОМ ЗЛОПОЛУЧНОМ
ОТЧЁТЕ НАДО КАК-ТО
ПОКОНКРЕТНЕЕ
ОПИСАТЬ НАШИ
ЗАДАЧИ!

...КАЖЕТСЯ,
НИ У КОГО НЕТ
ХОРОШИХ ЦЕДЕЙ?



ЧТО Ж... МЫ ПРЕКРАСНО, ХОТЯ И СОВЕРШЕННО БЕЗДАРНО ПРОВЕЛИ ВРЕМЯ.

НО РАЗ УЖ ВСЕ ЗАЕШЬ, ПОЗВОЛЮ СЕБЕ ЗАДАТЬ ОДИН ВОПРОС. ХОТЯ БЫ С ЗАЧЁТАМИ У ВАС ВСЁ В ПОРЯДКЕ, А?..



ДА ВРОДЕ НИЧЕГО...

Ой...

КОНЕЧНО, НЕ КАК У ТЕБЯ: ЗАЧЁТЫ СДАНЫ ДОСРОЧНО, НА ЭКЗАМЕНАХ ОДНИ ПЯТЁРКИ!



А?..

ШУРХ..

ЭЙМЫ... У ТЕБЯ ЧТО, ПРОБЛЕМЫ?



В ЭТОМ СЕМЕСТРЕ У МЕНЯ С ОДНИМ ПРЕДМЕТОМ ЗАВАЛ...

ЧТО-О?! С КАКИМ ЕЩЁ ПРЕДМЕТОМ?!

ХВАТЬ

НУ... ЭТО...

ВЫКЛАДЫВАЙ!



ОБЯЗАТЕЛЬНЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ ПО ТЕР... ТЕРМОДИНАМИКЕ!



3-3-3...



ЧТО ТЫ ГОВОРИШЬ? ТЕРМОДИНАМИКА - РАЗВЕ ЖЕ ЭТО НЕ ЗАОРОВО?

НУ-У...



ВЕДЬ НАШ
КУРАТОР -
ПРОФЕССОР ФИЗИКИ!
ОН СМОЖЕТ
ОБЪЯСНИТЬ НАМ
ТЕРМОДИНАМИКУ!

И ПРАВДА!

МАСУНАГА-
СЭНСЭЙ!..



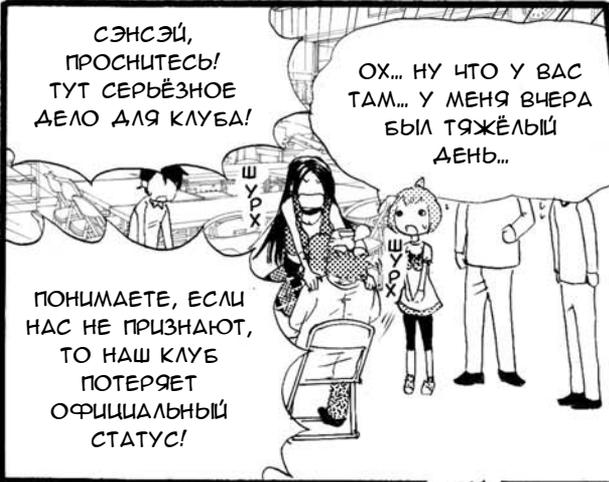
ХР-Р

КХМ... СЭНСЭЙ!
ЧТО Ж ВЫ СПИТЕ-ТО!..

ХР-Р

ПШ-Ш

КУРАТОР КЛУБА
«НЕОБУЧ»,
ПРОФЕССОР ФИЗИКИ
ДЗЮНИТИ МАСУНАГА



СЭНСЭЙ,
ПРОСНИТЕСЬ!
ТУТ СЕРЬЁЗНОЕ
ДЕЛО ДЛЯ КЛУБА!

ОХ... НУ ЧТО У ВАС
ТАМ... У МЕНЯ ВЧЕРА
БЫЛ ТЯЖЁЛЫЙ
ДЕНЬ...

ПОНИМАЕТЕ, ЕСЛИ
НАС НЕ ПРИЗНАЮТ,
ТО НАШ КЛУБ
ПОТЕРЯЕТ
ОФИЦИАЛЬНЫЙ
СТАТУС!



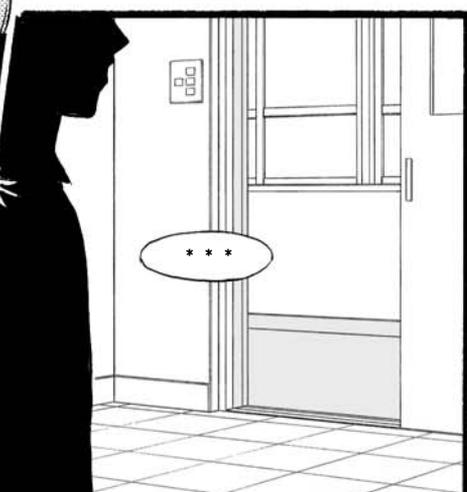
А ЕСЛИ КЛУБ ПРИКРОЮТ,
ЗА ВЫПИВКУ ВЫ БУДЕТЕ
ПЛАТИТЬ ИЗ СВОЕГО
КАРМАНА!

ОХ...



ЧТО-О-О?!!

Э-Э, НЕТ!!!
ТАК НЕ ПОИДАЁТ!



ГЛАВА 1

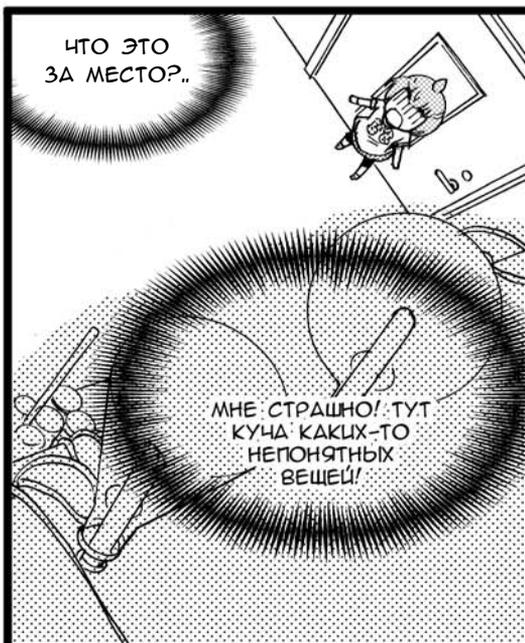


ТЕМПЕРАТУРА И УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ



1.0. ЛАБОРАТОРИЯ МАСУНАГИ

ЛАБОРАТОРИЯ МАСУНАГИ





МАСУНАГА-СЭНСЭЙ!
А МОЖНО Я ТОЖЕ
БУДУ ЗАНИМАТЬСЯ
ВМЕСТЕ С ВАМИ?

КАТО-КУН!



СПАСИБО,
ЧТО ТЫ
ПРИШЁЛ!

МНЕ ОДНОЮ БЫЛО
КАК-ТО НЕ ПО СЕБЕ!
ПОЖАЛУЙСТА,
ПРИСОЕДИНЯЙСЯ К НАМ!



НУ... ЕСЛИ ТЫ
ТАК БОИШЬСЯ
ОНА...

А ПРЕ-
ЗИДЕНТ
КЛУБА
И САМА
СПРАВИТСЯ...

КАТО-КУН,
ТЫ ТАКОЮ
ДОБРЫЙ!..



ЭЙ, ЧТО ВЫ
ТАМ ШЕПЧЕТЕСЬ?

К ТОМУ ЖЕ, ХОТЬ
МАСУНАГА-СЭНСЭЙ
ОБЫЧНО ВЕСЬМА ЛЮБЕЗЕН,
КОГДА РЕЧЬ ЗАХОДИТ
О **ТЕРМОДИНАМИКЕ**, ОН
ПОРОЙ СИЛЬНО ГОРЯЧИТСЯ...



ИТАК, Я БУДУ ВЕСТИ
ТЕРМОДИНАМИКУ.
С ЧЕГО БЫ НАМ
НАЧАТЬ...

МОЖНО?

ЧТО? МУРАЙМА-КУН,
УЖЕ ЕСТЬ ВОПРОС?

АА!

ПРЕЖДЕ ВСЕГО, ЧТО
ИЗУЧАЕТ ТЕРМОДИНАМИКА
КАК НАУКА?



ВХУХ!

БУХ!



1.1. ПОНЯТИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТАК, ЧТО ТАКОЕ ТЕРМОДИНАМИКА?



ЭМ-М...

ЧТОБЫ ЭТО
ВЫЯСНИТЬ,
ВЗГЛЯНЕМ СЮДА.



ТРЕХМЕРНАЯ
ГОЛОГРАММА

СВЕТ ГАСНЕТ.

ОГОНЬКИ

УХ ТЫ!

КОСМИЧЕСКИЕ РАКЕТЫ,
ГОНОЧНЫЕ МАШИНЫ...

И В ОДНОМ
РЯДУ С НИМИ -
ПАРОВОЗ?!

СЭНСЭЙ,
НЕУЖЕЛИ
ВСЁ ЭТО...

