

ПРЕДИСЛОВИЕ

На многих технических кафедрах – машиностроительных, инженерно-строительных, архитектурных, химико-технологических, – механика, как часть физики, является обязательным предметом. Особую сложность представляет гидродинамика (механика текучих сред), так как в ней присутствует очень много формул, и, вдобавок ко всему, объектом изучения является движение газов и жидкостей, которое нельзя увидеть непосредственно глазом. В связи с этим, гидродинамика имеет репутацию «очень сложной дисциплины», которую многие недолюбливают.

Я уже 8 лет преподаю механику текучих сред в университете, и каждый год встречаю много студентов, которые совершенно не в состоянии её понять. Такие студенты, упустив шанс понять эту дисциплину, в конце концов совершенно разочаровывались в ней. У меня создаётся впечатление, что подобная тенденция усиливается с каждым годом. Мне кажется, что если бы существовало побольше учебных материалов и книг, которые давали бы шанс понять гидродинамику, то можно было бы преодолеть это отрицательное явление.

Цель данной книги – объяснить гидродинамику студентам, потерявшим «шанс к пониманию», а также людям, которые услышали о ней впервые. Мне кажется, что ещё не так давно многие имели предубеждение по поводу использования манги для изучения научных дисциплин. Однако в настоящее время манга уже прочно вошла в японскую культуру, заняв прочную позицию как одно из выразительных средств. И если это новое выразительное средство поможет вашей учёбе, дав шанс к пониманию этой дисциплины, то можно будет сказать, что эта книга в полной мере достигла своей цели. Читайте эту книгу непринуждённо, и она станет для вас проводником в мир механики текучих сред.

В заключение я должен отметить ту огромную поддержку, которую мне оказали г-н Чжао Тонг из Лаборатории Такэи Кафедры машиностроения Технического факультета университета Нихон, сотрудники компании Office Sawa, отвечавшие за оформление, г-жа Мацусита Май – художница манги, а также сотрудники издательства Ohmsha, давшие мне возможность взяться за перо. Выражаю им всем свою огромную признательность.

Такэи Масахиро
октябрь 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Пролог.

ЧТО ЭТО - ВЕЩИЙ СОН?! ОККУЛЬТНАЯ ДЕВЧОНКА И МЕХАНИКА ТЕКУЧИХ СРЕД.....	1
---	----------

Глава 1.

СВОЙСТВА И СТАТИКА ТЕКУЧИХ СРЕД	11
--	-----------

1. Твёрдые тела и текучие среды	12
Извольте, чай со льдом.....	12
2. Сила и давление	17
Готовим в скороварке	17
Осваиваем уравнение равновесия сил	23
3. Плотность и относительная плотность	25
Закон Паскаля.....	25
4. Секрет густой лапши «рамэн»	28
Я что, супермен?!.....	28
5. Зависимость давления от высоты и измерение давления.....	31
Отвези меня на дайвинг с аквалангом	31
О смысле знака Δ , который используется в обозначении Δp	35
Скорость и ускорение.....	36
Жидкостный манометр.....	37
6. Полное давление, действующее на плоскую стенку.....	39
Очарованные в океанариуме.....	39
7. Сила плавучести	42
Почему корабли не тонут?.....	42

Глава 2.

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТЕЧЕНИЯ.....	49
--	-----------

1. Разнообразные термины, используемые в механике текучих сред ...	50
Пожалуйста, не изменяйся (Стационарное и нестационарное течения).....	52
Скорость и направление (Однородное и неоднородное течения).....	53

Привет, я - частица текучей среды!	
(Скорость текучей среды и расход текучей среды).....	55
Преследовать? Или поджидать? (метод Лагранжа и метод Эйлера).....	56
И такая линия, и вот такая линия	
(Линии тока, траектории и трубки тока)	58
Что можно понять, играя с водой	
(Силы, действующие на текучую среду)	60
Попробуем сдвинуть колоду карт (сдвигающая сила).....	63
2. Уравнение неразрывности	66
Похищения призраками не происходит?! (Закон сохранения массы).....	66
Об уравнении неразрывности	70
3. Теорема Бернулли	71
Покатаемся на американских горках! (Закон сохранения энергии тела)	71
Прогуливаемся вдоль линий тока.	
(Закон сохранения энергии текучей среды, теорема Бернулли).....	72
О единицах измерения энергии.....	75
Наступаем на шланг!	
(Отношения между скоростью текучей среды и давлением)	76
4. Закон сохранения импульса	80
Поиграем с колыбелью Ньютона (Закон сохранения импульса).....	80
Закон сохранения импульса для колыбели Ньютона.....	81
Приложим силу извне (Импульс силы).....	83
В потайной комнате. (Закон сохранения импульса текучей среды)	86

Глава 3.

ЛАМИНАРНОЕ И ТУРБУЛЕНТНОЕ ТЕЧЕНИЕ 95

1. Течение, обладающее вязкостью	96
Густо? Или жидко? (Вязкость)	98
Вредина, мешающая течению (Сила вязкости)	99
То ускоряет, то замедляет (Механизм действия силы вязкости).....	100
Что это - призрак? (Идеально текучая среда и вязкая текучая среда).....	104
Что такое градиент скорости? (Закон вязкости Ньютона)	106
Насколько это густо? (Коэффициент вязкости	
и коэффициент кинематической вязкости)	110
Великий закон, выражающий свойства течения? (Число Рейнольдса)....	111
2. Ламинарное течение и турбулентное течение	113
Ой, оно пришло в беспорядок (Свойства турбулентного течения).....	113
Наблюдаем за дымом (Ламинарное течение и турбулентное течение)	115
Льём чернила (Опыт Рейнольдса).....	116

3. Ламинарное течение внутри трубы	117
Течение внутри соломинки (Средняя скорость текучей среды и распределение скоростей текучей среды).....	117
Поглядим пристально на формулу! (Течение с параболическим распределением).....	120
Какова природа таинственной силы? (Разность давлений).....	122
Хочу выпить побольше! (Связь между коэффициентом вязкости и расходом текучей среды).....	126
Можно ли выпить молочный коктейль без проблем? (Расширенное уравнение Бернулли).....	128
Потери давления в изогнутых трубах.....	134
Вода, оставшаяся в ванне, и нефть Аравийского моря?!.....	138

Глава 4.

ЛОБОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ И ПОДЪЁМНАЯ СИЛА... 139

1. Лобовое сопротивление и подъёмная сила, действующие на тело ...	140
Почему птицы и самолёты могут летать по небу? (Подъёмная сила).....	143
Почему яхта движется против ветра (Использование подъёмной силы).....	146
Что общего между крылом и парусом (Теорема о кривизне линий тока).....	149
Чудеса с ложкой?! (Опыт с подъёмной силой)	153
Я устала плавать (Лобовое сопротивление).....	155
Трудная дилемма! (Коэффициент лобового сопротивления и коэффициент подъёмной силы).....	157
Потеря скорости?! (Угол атаки, отрыв)	161
2. Силы, действующие на вращающееся тело	163
Почему поворачивает кручёный мяч? (Эффект Магнуса).....	163
Искрапленное лучше, чем гладкое? (Снижение сопротивления воздуха).....	167
И тогда мяч повернул	172
3. Отрыв течения	172
Страшное событие в маленьком мирке?! (Отрыв)	174

ЭПИЛОГ	182
---------------------	------------

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	193
--------------------------------	------------

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	194
-----------------------------------	------------

Пролог

ЧТО ЭТО - ВЕЩИЦА СОН?! ОККУЛЬТНАЯ ДЕВЧОНКА И МЕХАНИКА ТЕКУЧИХ СРЕД





ОКУЛЬТНАЯ лаборатория

ТОП

ТОП

ТОП

Эй, послушайте...

ЭТО ОЧЕНЬ ВАЖНО!!

СЕГОДНЯ МНЕ ОПЯТЬ ПРИСНИЛСЯ ВЕЩИЙ СОН!
ВЕЩИЙ СОН!!!

СТУК



А...
ДОБРОЕ УТРО,
ЭКИ-САН.

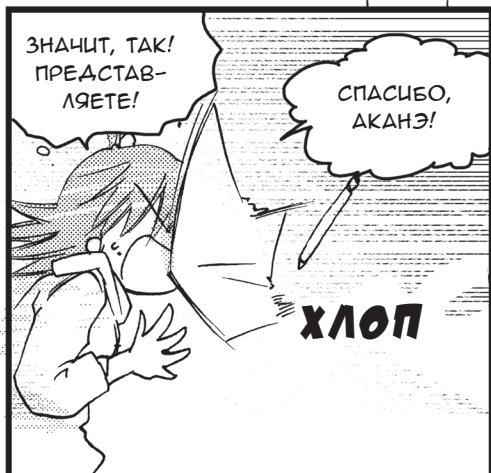
ПОЧЕМУ ОНА ТАКАЯ
НЕУГОМОННАЯ?



ВАС ЧТО, ЭТО НЕ ВОЛНУЕТ?!

ХА-ХА-ХА
ИЗВИНИ...
ТАК КАКОЙ ЖЕ СОН ТЫ ВИДЕЛА НА ЭТОТ РАЗ?

ШУРХ,
ШУРХ



ЗНАЧИТ, ТАК! ПРЕДСТАВЛЯЕТЕ!

СПАСИБО,
АКАНЭ!

ХЛОП



БЫЛО ТАК СТРАШНО!
УТОНУЛ КОРАБЛЬ!
УПАЛ САМОЛЁТ!

МОЖЕТ БЫТЬ,
ЛУЧШЕ СООБЩИТЬ
НА ТЕЛЕВИДЕНИЕ?! ИНАЧЕ
НЕСЧАСТЬЯ НЕ ИЗБЕЖАТЬ!

ААА!

ААА!

НЕСЧАСТЬЕ
У ТЕБЯ
С ГОЛОВОЙ...

ПОМНИШЬ, КАК ТЫ ШУМЕЛА
В ПРОШЛЫЙ РАЗ? НО ВЕДЬ
ВСЁ ОБОШЛОСЬ...

ММ... НО ЭТОТ СОН
НИКАК НЕ ВЫХОДИТ
У МЕНЯ ИЗ ГОЛОВЫ.

МЕНЯ СТАЛО БЕСПОКОИТЬ: А ВООБЩЕ,
ПОЧЕМУ САМОЛЁТЫ ЛЕТАЮТ?
И ПОЧЕМУ КОРАБЛИ НЕ ТОНУТ?

ТЯЖЁЛЫЕ КУСКИ
ЖЕЛЕЗА МОГУТ
ПЛАВАТЬ И ЛЕТАТЬ
- РАЗВЕ ЭТО
НЕ ЧУДО!

КАК ОНИ
ПЛАВАЮТ
И ЛЕТАЮТ?!

ШВЫРЬ...

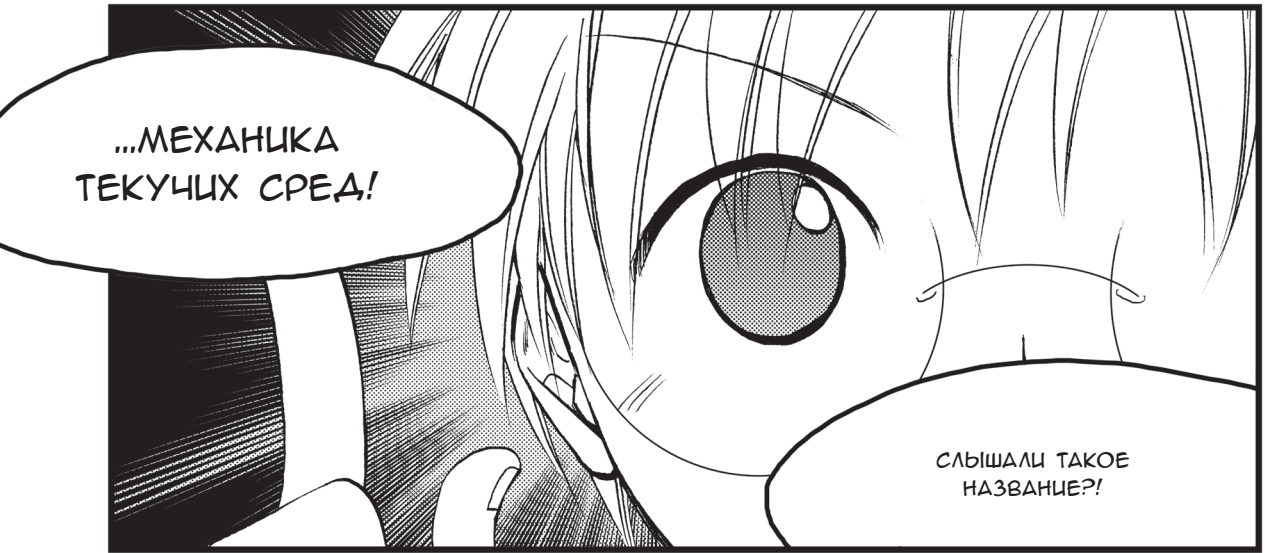
ТЫ ЧТО, ЕЩЁ
НЕ ЗАКОНЧИЛА
МЛАДШУЮ
ШКОЛУ?

ТОГДА ТЫ, АКАНЭ,
ОБЪЯСНИ МНЕ ЭТО...

ТОП
ТОП

НУ, РАЗ
ТЫ ПРОСИШЬ
МЕНЯ
ОБЪЯСНИТЬ...

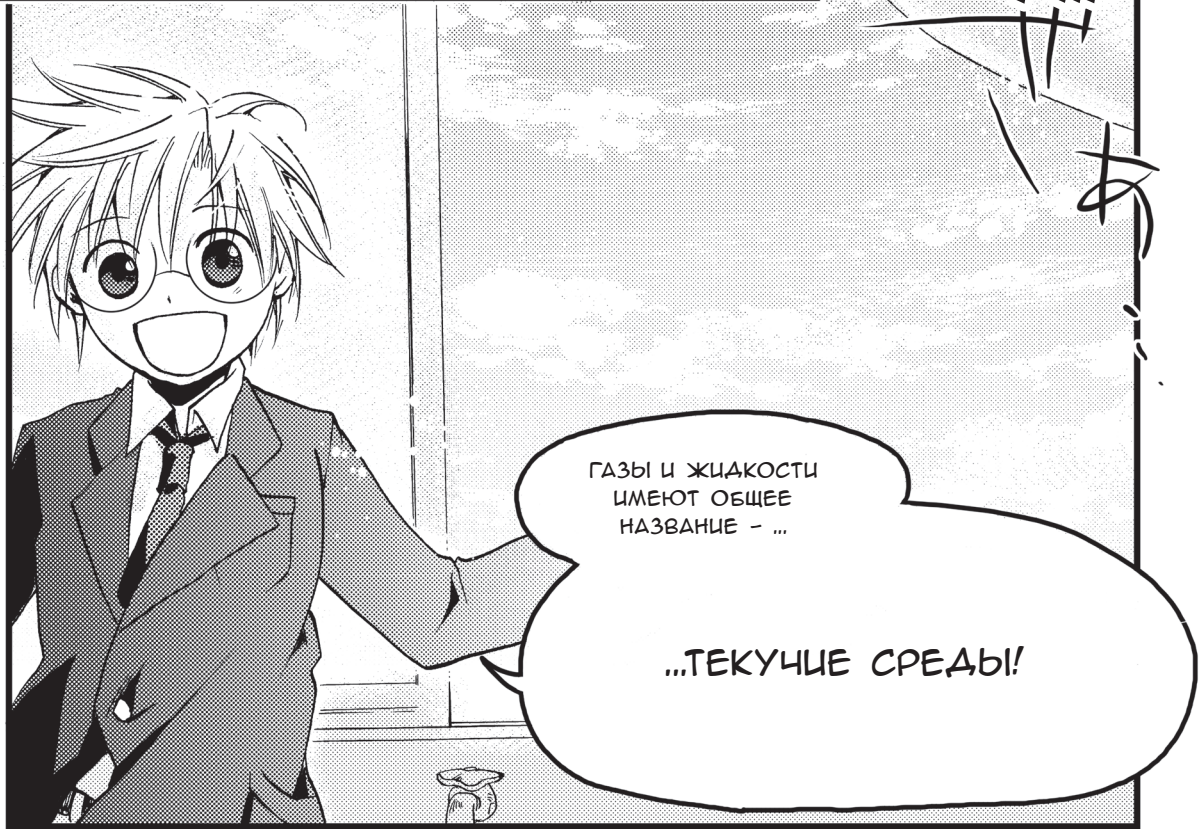
ПРР...



ТУСК

ДА.

ВОЗДУХ - ЭТО ГАЗ,
А ВОДА - ЭТО ЖИДКОСТЬ.



ГАЗЫ И ЖИДКОСТИ
ИМЕЮТ ОБЩЕЕ
НАЗВАНИЕ - ...

...ТЕКУЩИЕ СРЕДЫ!

ДЕЙСТВИТЕЛЬНО,
ОНИ ПОВСЮДУ
ВОКРУГ НАС.

Текущие
среды

ТЕКУЩИЕ СРЕДЫ -
ЭТО ВЕДЬ СОВСЕМ
НЕ СЛОЖНО,
ПРАВДА?

ИМЕННО
ТАК.

ВОЗДУХ ТЕЧЁТ,
СОЗДАВАЯ
ВЕТЕР.

ВОДА ТОЖЕ
СВОБОДНО
ТЕЧЁТ.

ДА,
ДА.

ДРУГИМИ
СЛОВАМИ...

...ТЕКУЧЕ СРЕДЫ
СВОБОДНО МЕНЯЮТ
ФОРМУ,...

...А ИЗМЕНЕНИЕ
ЭТИХ ТЕЧЕНИЙ,
ИХ ДЕЙСТВИЕ...

...ПОЗВОЛЯЕТ
ПОНЯТЬ НАУКА
ПОД НАЗВАНИЕМ...

ФЮИТЬ

...МЕХАНИКА
ТЕКУЧИХ СРЕД
ИЛИ ГИДРОДИНАМИКА.

ДА, ТЕКУЧЕ СРЕДЫ
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО
ПОВСЮДУ ВОКРУГ НАС.

ОДНАКО НУЖНО
ЛИ НАМ ЗНАТЬ, КАК
ОНИ ТЕКУТ?

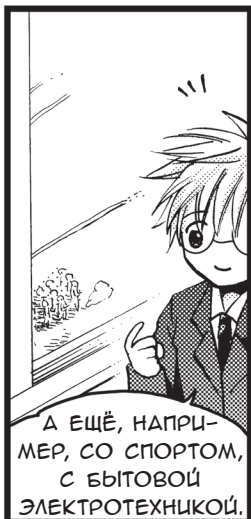
ДА,
ОЧЕНЬ!

ВЕДЬ КОМФОРТ
СОВРЕМЕННОГО
ОБЩЕСТВА - ВО МНОГОМ
БЛАГОДАРЯ ЭТОЙ НАУКЕ.

ОНА СВЯЗАНА И С ПРОЦЕССОМ
ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ,...

И С УСТРОЙСТВОМ
НАСОСОВ, ПОДАЮЩИХ
ВОДУ И ГАЗ В ДОМА
И НА ЗАВОДЫ.

ОГО

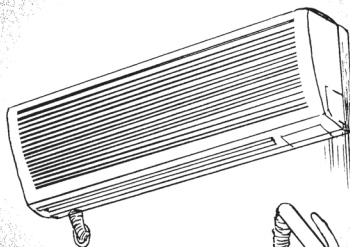


А ЕЩЁ, НАПРИ-
МЕР, СО СПОРТОМ,
С БЫТОВОЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИКОЙ.

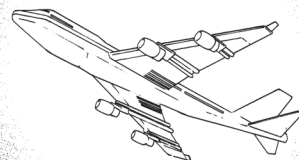
ПОЛЁТ МЯЧА
В РАЗЛИЧНЫХ
ВИДАХ
СПОРТА.



ИСПОЛЬЗУЮЩАЯ
ВОДУ
СТИРАЛЬНАЯ
МАШИНА.



ПОДАЮЩИЙ
ВОЗДУХ
КОНДИЦИОНЕР.



И, КОНЕЧНО,
КОРАБЛИ,
САМОЛЁТЫ,
АВТОМОБИЛИ
И ДРУГИЕ
ТРАНСПОРТНЫЕ
СРЕДСТВА!

КЁРВЕБОЛ,
СЛАЙДЕР,
НАКЛЕБОЛ...



* Это термины бейбола (прим. перев.)

ЕЁ ИСПОЛЬЗУЮТ ДЛЯ АТМО-
СФЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ,
РАЗМЫШЛЯЯ О БУДУЩЕМ ЗЕМЛИ
В СВЯЗИ С ГЛОБАЛЬНЫМ
ПОТЕПЛЕНИЕМ,
ДЛЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ
ВНУТРИ ИСКУССТВЕННОГО
СЕРЦА.



ВНУТРИ
СЕРЦА!



ПОИСТИНЕ, ОНА СВЯЗАНА
И С ПОВСЕДНЕВНОСТЬЮ,
И С ЯВЛЕНИЯМИ
МАСШТАБА ВСЕЙ
ЗЕМЛИ. КАК ШИРОКА
ЭТА НАУКА!

ДА, ИН-
ТРИГУЮЩЕЕ
ВСТУПЛЕНИЕ.

ТЕПЕРЬ ВЕРНЁМСЯ
К ВОПРОСУ ЭКИ-САН
О ТОМ,...



...ПОЧЕМУ САМОЛЁТЫ ЛЕТАЮТ
И ПОЧЕМУ КОРАБЛИ НЕ ТОНУТ.

МЕХАНИКА ТЕКУЧИХ
СРЕД ДАЁТ ОТВЕТ
НА ЭТИ НАИВНЫЕ
ВОПРОСЫ!



ДА, ЭТО
ГРАНИЦОЗНАЯ
ШТУКОВИНА.

МОЖЕТ БЫТЬ, С ЕЁ
ПОМОЩЬЮ МОЖНО
РАЗГАДАТЬ ТАЙНЫ
РАЗЛИЧНЫХ ЧУДЕС ?!

ЗДОРОВО!
Я ХОЧУ ЕЁ ИЗУЧИТЬ!
ПРОДОЛЖАЙ, СИРАИСИ!!

**ТУДУХ,
ТУДУХ**

**ТУДУХ,
ТУДУХ**

ЛАДНО, ЕСЛИ
ВЫ МНЕ
ДОВЕРЯЕТЕ...

НО ПРЕДУПРЕЖДАЮ
ЗАРАНЕЕ - ЭТОТ РАЗ-
ГОВОР ПОТРЕБУЕТ
ВРЕМЕНИ.

АКАНЭ, ТЫ, КАК
СТАРОСТА КРУЖКА,
НЕ ВОЗРАЖАЕШЬ?



ЛАДНО. МНЕ ВЕДЬ ТОЖЕ
СТАЛО ИНТЕРЕСНО.

ДАВАЙ,
СИРАИСИ.

ХОРОШО!

УРА! ЦТАК,
РАЗГАДЫВАЕМ
МИСТИЧЕСКИЕ ТАЙНЫ
С ПОМОЩЬЮ
МЕХАНИКИ.

Оккультная лаборатория

ЧТО, РАЗГАДЫВАЕМ
ТАЙНЫ?! ЭТО ВЗАОР!

И ВОООЩЕ, НИКАКАЯ
НИКАКАЯ У НАС
НЕ ОККУЛЬТНАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ...

АХ!

АКАНЭ...

ТРИ

ПРОЛОГ. ЧТО ЭТО - ВЕЩИЙ СОН?! ОККУЛЬТНАЯ ДЕВЧОНКА И МЕХАНИКА ТЕКУЧИХ СРЕД



Физическая лаборатория

НАШ КРУЖОК
НАЗЫВАЕТСЯ....

...ФИЗИЧЕСКАЯ
ЛАБОРАТОРИЯ!



ААА!
Я СТАРАЛАСЬ,
КЛЕИЛА!

СКОЛЬКО НЕ КЛЕЙ,
ВСЁ РАВНО СОРВУ!
ПОТОМУ ЧТО МЫ
НЕ ЗАНИМАЕМСЯ
ОККУЛЬТИЗМОМ!

МММ...
НО ВЕДЬ, НО ВЕДЬ...



ААА

...ВЕДЬ В ФИЗИКЕ ТОЖЕ ЧАСТО
РАЗМЫШЛЯЮТ О ТОМ, ЧТО НЕЛЬЗЯ
УВИДЕТЬ ГЛАЗАМИ!

ПОЭТОМУ МНЕ КАЖЕТСЯ, ЧТО
ОККУЛЬТИЗМ - ЭТО ЗВУЧИТ
ВЕСЕЛЕЕ И ЭКСТРАВАГАНТЕЕ!



ЛАДНО! Я НАПИШУ
ЕЩЁ РАЗ!

У МЕНЯ
ОТ ОБЩЕНИЯ
С ТОБОЙ БОЛИТ
ГОЛОВА,
ДУРОЧКА!

3

Оккультная



И ВОВСЕ
Я НЕ ДУРОЧКА.
ПРОСТО Я ОЧЕНЬ
ЛЮБЛЮ ЧУДЕСА.

ЭТО ВСЕГО ЛИШЬ
ТВОЁ ХОББИ...
И ПРЕКРАТИ
ЗАХЛАМЛЯТЬ
ПОМЕЩЕНИЕ ВСЯКИМИ
НЕПОНЯТНЫМИ
ВЕЩИЧКАМИ!

ММ...
НО ВЕДЬ,
НО ВЕДЬ...

...МОЖЕТ БЫТЬ, ЭТО
ПРИГОДИТСЯ НАМ
В ТРУДНУЮ МИНУТУ!

АХ, ПОСКОРЕЕ БЫ
ТАКАЯ МИНУТА
НАСТУПИЛА...

ГМ... ИТАК, ДАВАЙТЕ
СОБЕРЁМСЯ С СИЛАМИ...

...И ВМЕСТЕ ДРУЖНО
НАЧНЁМ ИЗУЧАТЬ
МЕХАНИКУ ТЕКУЧИХ СРЕД!

ДАВАЙ!

ВПЕРЁД! ОВЛАДЕЕМ ОККУЛЬТ..., ТО ЕСТЬ МЕХАНИКОЙ ТЕКУЧИХ СРЕД!

Глава 1

СВОЙСТВА И СТАТИКА ТЕКУЧИХ СРЕД



1. ТВЁРДЫЕ ТЕЛА И ТЕКУЧИЕ СРЕДЫ

☹ Извольте, чай со льдом

Кухня

ОГО!

МЫ ЧТО, БУДЕМ ИЗУЧАТЬ
МЕХАНИКУ ТЕКУЧИХ СРЕД
ЗДЕСЬ?!

КАК ГОВОРЯТ,
ПРАКТИКА - ПУТЬ
К СОВЕРШЕНСТВУ.

К СЧАСТЬЮ, НАМ
РАЗРЕШИЛИ ЗДЕСЬ
ЗАНИМАТЬСЯ.

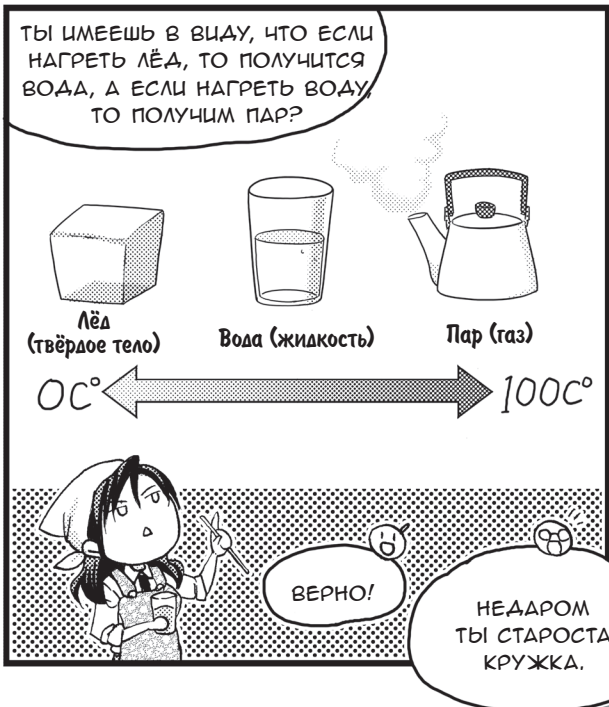
МЫ ОЧЕНЬ УДИВИЛИСЬ, КОГДА
УВИДЕЛИ ТВОЮ ЗАПИСКУ
В КЛАССЕ.

Жду вас
на кухне!

КАК ЗДЕСЬ
ХОРОШО!

ХА-ХА. ИЗВИНИТЕ
ЗА НЕОЖИДАННОЕ
ПРИГЛАШЕНИЕ.

ИТАК,
ПРИСТУПИМ.

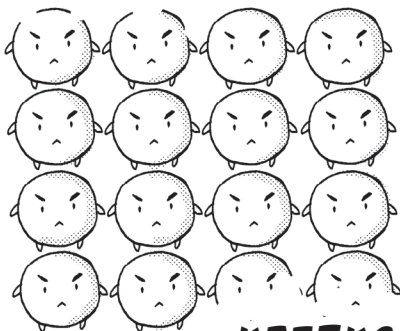


ИТАК, ДАВАЙТЕ РАССМОТРИМ
ОСОБЕННОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ,
ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ
НА МОЛЕКУЛЯРНОМ УРОВНЕ.



Твёрдые тела

ПЛОТНО



КРЕПКО!

МОЛЕКУЛЫ ЛЬДА -
ТВЁРДОГО ТЕЛА, КРЕПКО
ДЕРЖАТСЯ ДРУГ ЗА ДРУГА
И НЕ ДВИГАЮТСЯ
ПРИ ДЕЙСТВИИ
НЕБОЛЬШИХ СИЛ.

ОГО! КАКАЯ
ДРУЖНАЯ
КОМАНДА!



ДА, ЗАВИДНАЯ
ДИСЦИПЛИНА.

Жидкости

СВОБОДНО



НЕСПЕШНОЕ ДВИЖЕНИЕ

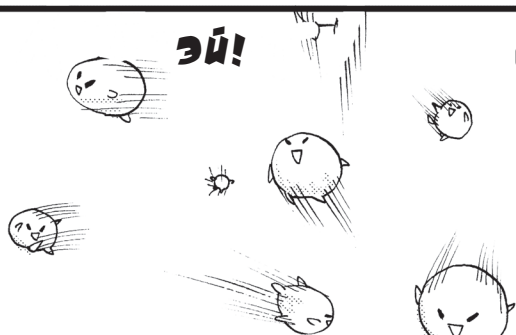
МОЛЕКУЛЫ ЖИДКОСТЕЙ
ХОТЬ И НЕТОРОПЛИВЫ,
НО НА МЕСТЕ НЕ СТОЯТ.

МОЛЕКУЛЫ ТО ПРИТЯГИВАЮТСЯ
ДРУГ К ДРУГУ, ТО ОТТАЛКИВАЮТСЯ.
ДА, ЗАЕСЬ ЦАРИТ ОЖИВЛЁННАЯ
АТМОСФЕРА.



Газы

Эй!

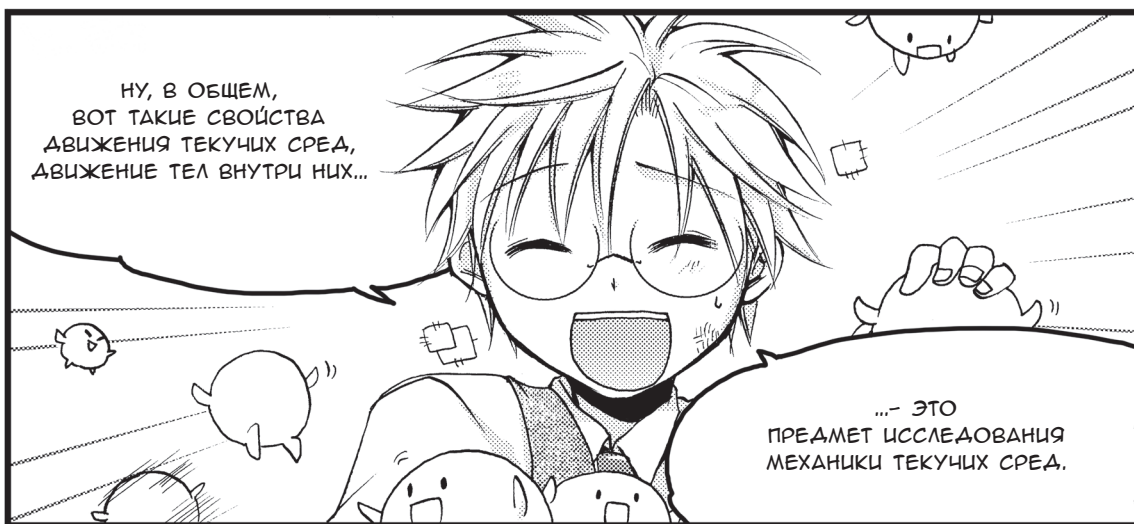


ЭГЕ-ГЕЙ!

МОЛЕКУЛЫ ГАЗОВ ОЧЕНЬ
СВОЕВОЛЬНЫ И СВОБОДНО
ДВИЖУТСЯ ПОВСЮДУ!

НЕУГОМОННЫЕ,
ПРЯМО КАК
КОЕ-КТО...





Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru