

ПРЕДИСЛОВИЕ

Комсомол осуществляет лозунг «каждому комсомольцу — среднее образование». Это великая задача. Автор надеется, что его работа принесет нашему молодому поколению строителей социализма известную помощь в пробуждении желания учиться и в повышении уровня знаний.

В этой книге автор стремится не столько сообщить читателю новые знания, сколько помочь ему «узнать то, что он знает», т. е. углубить и оживить уже имеющиеся у него основные сведения из физики, научить сознательно ими распоряжаться и побудить к разностороннему их применению. Достигается это рассмотрением пестрого ряда головоломок, замысловатых вопросов, занимательных рассказов, забавных задач, парадоксов и неожиданных сопоставлений из области физики, относящихся к кругу повседневных явлений или черпаемых из общеизвестных произведений научно-фантастической беллетристики. Материалом последнего рода составитель пользовался особенно широко, считая его наиболее соответствующим целям сборника: приведены отрывки из романов и рассказов Жюль Верна, Уэллса, Марка Твена и др. Описываемые в них фантастические опыты, помимо их заманчивости, могут и при преподавании играть немаловажную роль в качестве живых иллюстраций.

Составитель старался, насколько мог, придавать изложению внешне-интересную форму, сообщать привлекательность предмету. Он руководился той психологической аксиомой, что интерес к предмету повышает внимание, внимание облегчает понимание и следовательно способствует более сознательному и прочному усвоению.

Вопреки обычаю, установившемуся для подобного рода сборников, в «Занимательной физике» весьма мало места отводится описанию забавных и эффектных физических *опытов*. Эта книга имеет иное назначение, нежели сборники, предлагающие материал для экс-

периментирования. Главная цель «Занимательной физики» — возбудить деятельность научного воображения, приучить читателя мыслить в духе физической науки и создать в его памяти многочисленные ассоциации физических знаний с самыми разнородными явлениями жизни, со всем тем, с чем он обычно входит в соприкосновение.

В предыдущем 10-м издании текст книги был пополнен многочисленными вставками; увеличено было и число иллюстраций. При просмотре книги для настоящего 11-го издания также сделаны, помимо необходимых исправлений, вставки текста и иллюстраций. Автор пользуется случаем выразить здесь свою глубокую признательность корреспондентам-читателям, любезно помогшим своими указаниями очистить книгу от погрешностей, обмолвок и неясностей.

В виду интереса, проявляемого читателями к истории этой книги, приводим некоторые библиографические данные о ней.

«Занимательная физика» «родилась» 22 года назад и была первенцом в многочисленной книжной семье ее автора, насчитывающей сейчас несколько десятков членов. Законченная рукопись сдана была в набор весной 1911 г., но лежала без движения в типографии два года, и лишь весной 1913 г. книга вышла наконец в свет.

В настоящий момент общее число напечатанных экземпляров двухтомной «Занимательной физики» на русском языке превышает 140 000. Так как большая часть тиража размещена в библиотеках, где каждый экземпляр проходит десятки рук, то читателей книги надо исчислять вероятно миллионами, «Занимательной физике» посчастливилось проникнуть — как свидетельствуют письма читателей — в самые глухие уголки Союза.

В 1925 г. издан был перевод «Занимательной физики» на украинский язык, в 1931 г. — на немецкий и ново-еврейский; сокращенный перевод ее на немецкий язык появился и в Германии. Выдержки из нее печатались на французском языке (в Швейцарии), а также на древне-еврейском.

Значительное распространение книги, свидетельствующее о живом интересе широких кругов к физическим знаниям, налагает на автора серьезную ответственность за качество ее материала. Сознанием этой ответственности объясняются многочисленные изменения в тексте «Занимательной физики» при повторных изданиях. Книга, можно смело сказать, писалась в течение всех двадцати лет ее существования. В последнем издании от текста первого сохранена едва половина, а от иллюстраций — почти ни одной.

К автору поступали от иных читателей просьбы воздерживаться от переработки текста, чтобы не вынуждать их «из-за десятка новых

страниц приобретать каждое повторное издание». Едва ли подобные соображения могут освободить автора от обязанности всемерно улучшать свой труд. «Занимательная физика» не художественное произведение, а сочинение научное, хотя и популярное. Ее предмет — физика — даже в начальных своих основаниях непрестанно обогащается свежим материалом, и книга должна периодически включать его в свой текст.

К «Занимательной физике» примыкают два других моих сочинения*. Одно предназначено для менее подготовленного читателя, еще вовсе не приступавшего к изучению физики, — это «Физика на каждом шагу» (изд. «Молодой Гвардии»). Другое, напротив, имеет в виду тех, кто уже закончил изучение средне-школьного курса этой науки; оно озаглавлено «Знаете ли вы физику?» (Гос. Техничко-теоретическое изд-во, 1934) и является как бы завершением «Занимательной физики» и «Занимательной механики».

Я. П.

* Помимо «Занимательной механики» и «Занимательной астрономии»

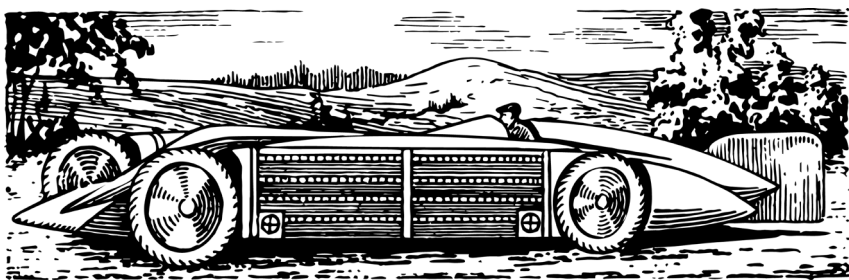


Рис. 1. Автомобиль «Золотая стрела», поставивший в 1923 г. в Америке мировой рекорд скорости на автомобиле — 370 км в час. Рекорд этот в 1931 г. побит «Синим голубем» (395 км в час)

ГЛАВА ПЕРВАЯ

СКОРОСТЬ — СЛОЖЕНИЕ ДВИЖЕНИЙ

С какой быстротой мы движемся?

От природы человек наделен способностью развивать лишь довольно скромную скорость передвижения: средний пешеход проходит в секунду около $1\frac{1}{2}$ м. Это немного быстрее, чем движение воды в большей части рек, но медленнее, чем движение умеренного ветра (2 м/с или около 7 км/ч). По сравнению с улиткой, которая, оправдывая поговорку «улитка едет...», переползает всего на $1\frac{1}{2}$ мм/с, человек, конечно, скороход: он в 1000 раз проворнее ее! Примерно во столько же раз человек при ходьбе движется быстрее черепахи. Микробы перемещаются еще медленнее улитки, хотя в поле зрения сильного микроскопа они и кажутся проносящимися с быстротой курьерского поезда; истинная их скорость не превышает $0,1-0,2$ м/с, т. е. $35-70$ см/ч. Пешеход проворнее их в десять тысяч раз. Но если он вступит в состязание с другими живыми существами, то останется позади: даже муха при спокойном полете движется втрое быстрее, чем пешеход.

Однако уже такое простое механическое приспособление, как коньки, дает человеку преимущество над его соперниками из мира животных. Опытный конькобежец может пробежать до 12 м/с, или 43 км/ч, и лишь немногие животные способны его догнать.

Состязание в скорости

В беге человек не достигает такой скорости: европейский рекорд — 1000 м за 2 мин 26 с, т. е. 23 км/ч, — поставлен был в 1927 г. немецким бегуном Пельцером на коротком пробеге в 100 м. Мировой рекорд быстроты бега поставлен американским физкультурником Паддоком в 1921 г., показавшим невероятную скорость 34,5 км/ч.

Состязание в скорости

Мы можем мысленно устроить состязание в скорости между человеком, его машинами и различными животными, которое длилось бы, например, один час. За этот промежуток времени улитка, оправдывая свою репутацию образцово-медленного животного, успела бы проползти всего лишь 5–6 м, между тем как гидроаэроплан мог бы отлететь на 700 и более км*. Таковы рекорды медленности и быстроты в этом состязании. В промежутке между ними расположились бы остальные участники.

О скорости их можно судить по следующей таблице:

| Животные | км/ч | Животные | км/ч |
|--|-------------|----------------------|-------------|
| Микробы | 0,0007 | Лошадь шагом | 4,3 |
| Улитка | 0,0054 | Лошадь рысью | до 14 |
| Черепаша | 0,007 | Муха | 18 |
| Рыбы | до 3,5 | Лошадь галопом | до 30 |
| Лошадь скаковая, рекорд (франц. лошадь «Каскадес») | 61 | Заяц | 65 |
| | | Орел | 80 |
| | | Собака охотничья | до 90 |
| Человек | км/ч | Человек | км/ч |
| Пловец | 4,5 | Конькобежец (рекорд) | 45 |
| Пешеход | до 7 | | |
| Человек | км/ч | Человек | км/ч |

* В 1933 г. лейтенант итальянской службы Нери поставил на гидроаэроплане мировой рекорд скорости: 745 км/ч. Моторы его аппарата развивали общую мощность 2800 л. с.

| | | | |
|---|-------------|-------------------------------|-------------|
| Гоночная лодка, 8 гребцов | 18 | Велосипедист (рекорд) | 45 |
| Бегун (рекорд) | 36 | Велосипедист с лидером* | 114 |
| Машины | км/ч | Машины | км/ч |
| <i>На суше</i> | | | |
| Танк на шоссе | 100 | Мотоциклет (рекорд) | 242 |
| Паровоз (рекорд) | 155 | Сани-ракета Валье | 378 |
| Электропоезд | 210 | Автомобиль (рекорд) | 395 |
| <i>В воде</i> | | | |
| Подводная лодка (в погруженном состоянии) | до 28 | Эскадр, миноносец (рекорд) | 177 |
| | | Гоночный катер (рекорд) | 190 |
| Пароход «Бремен», 100 000 л. с. | 55 | Гидро-глыссер (рекорд) | 190 |
| <i>В воздухе</i> | | | |
| Дирижабль | до 140 | Аэроплан (рекорд) | 745 |
| Неживая природа | км/с | Неживая природа | км/с |
| Звук в воздухе | 0,33 | Свет в пустоте | 300 000 |
| Земля по ее орбите | 30 | | |

Итак, из механизмов, сооруженных человеческими руками, быстрее всего движутся аэроплан и автомобиль.

Еще быстрее мчатся пули и ядра. Пуля вылетает из ствола ружья со скоростью 800–900 м/с (а из недавно изобретенной в САСШ сверхдальнобойной винтовки — со скоростью 1600 м) и, следовательно, даже на экваторе могла бы «перегнать Солнце». Современные так называемые сверхдальные орудия извергают свои ядра с еще большей начальной скоростью, достигающей 1700 м в первую секунду; в дальнейшем движении снаряда скорость эта, конечно, постепенно уменьшается.

* То есть с едущим впереди мотоциклетом, уменьшающим для велосипедиста сопротивление воздуха.

Разные способы выразить скорость

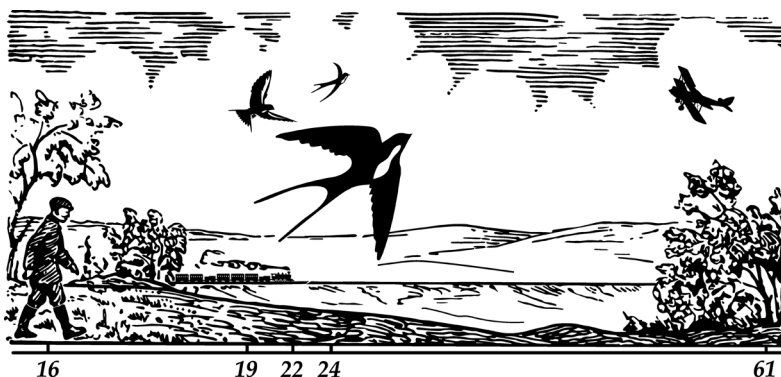


Рис. 2. Состязание в скорости между аэропланом (61 м/с), ласточкой (24 м/с), орлом (23 м/с), скорым поездом (22 м/с), голубем (19 м/с) и пешеходом (1,6 м/с)

Еще недавно принимали, что громадную скорость передвижения обнаруживают птицы во время своих сезонных перелетов. Считалось, например, установленным, что ласточка может при этом развивать скорость до 300 и более км/ч. Новейшие исследования перелета птиц выяснили, однако, что подобные представления ошибочны и что даже самые быстрые летуны из пернатого мира развивают сравнительно умеренные скорости — не свыше 90 км/ч: почтовый голубь — 19 м/с, орел — 23, ласточка — 24.

Разные способы выразить скорость

В обиходной жизни скорость выражают числом километров в час; в технике предпочитают указывать число метров в секунду, в науке — число сантиметров в секунду. Спортсмены же и физкультурники часто выражают быстроту движения числом секунд, употребляемых на продвижение на 100 м. Выражение одной и той же скорости у лиц различных специальностей звучит по-разному. Вот, например, скажут:

неспециалист: 18 км/ч;
техник: 5 м/с;
физкультурник: 100 м в 20 с.

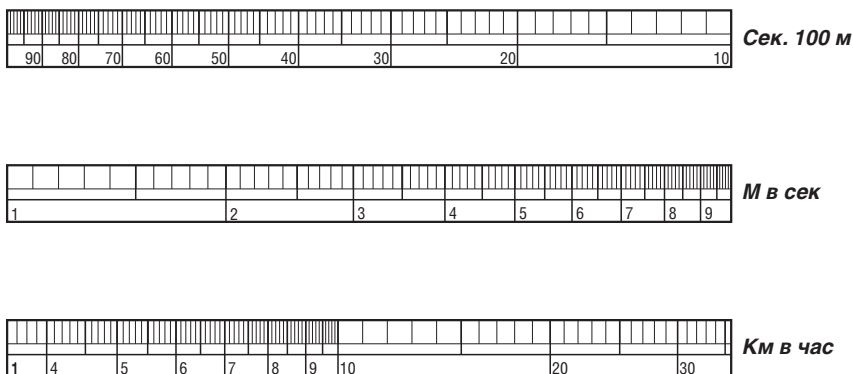


Рис. 3. Шкала для перевода скоростей

Несложным расчетом одно выражение скорости легко переводится в другое. Но можно обойтись и без выкладок, если пользоваться приложенной здесь шкалой. Обращение с нею не требует долгих пояснений: числа, отвечающие одной и той же скорости, написаны одно против другого. Только для скоростей больше 36 км/ч требуется нехитрое дополнительное вычисление.

Быстрее солнца и луны

В 1896 г. на автомобильных гонках между Парижем и Брестом, во Франции, была достигнута скорость 20 км/ч , т. е. около 6 м/с . Это считалось для автомобиля величайшим триумфом. Но уже через год скорость автомобиля была удвоена, а в 1907 г. автомобили развивали скорость впятеро большую — 30 м/с , или 108 км/ч . Чтобы яснее представить, как велика эта скорость — 30 м/с , — заметим, что камень, брошенный изо всей силы, пролетает в первую секунду вдвое меньше — 15 м .

Но это далеко еще не предельная скорость, какую способны развить наши машины: на состязании автомобилей в 1923 г. достигнута была скорость в 219 км/ч . В 1929 г. в Америке автомобиль особой конструкции* развил неслыханную скорость в 370 км/ч ,

* «Золотая стрела» Сигрейва.

или 100 м/с. А в 1931 г. на гоночной машине «Синий голубь» в 1400 л. с. был превзойден и этот рекорд — достигнута скорость 395 км/ч!

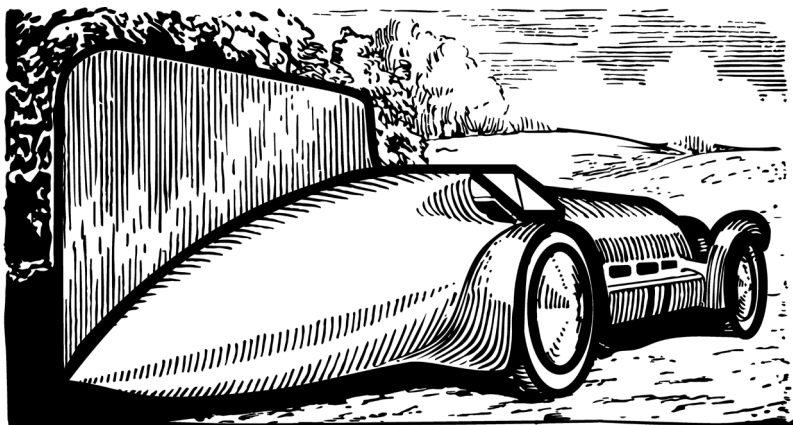


Рис. 4. Автомобиль «Синий голубь», поставивший в Америке в 1931 г. мировой рекорд скорости на автомобиле — 395 км/ч

В таком автомобиле можно буквально «перегнать Солнце», — по крайней мере в полярных широтах. На 77-й параллели (Новая Земля) подобный автомобиль пробегает столько же, сколько успевает за тот же промежуток времени пробежать точка земной поверхности при вращении Земли вокруг оси. Для пассажира такого автомобиля Солнце остановится и будет неподвижно висеть на небе, не приближаясь к закату.

Так естественно может современная техника воспроизвести пресловутое библейское чудо, будто бы совершенное некогда Иисусом Навином.

Еще легче перегнать Луну в ее собственном обращении вокруг Земли. Здесь для повторения описанного «чуда» по отношению к собственному движению Луны (а не к кажущемуся суточному ее движению) вовсе не надо забираться за полярный круг и мчаться с головокружительной быстротой. Луна движется вокруг Земли в 29 раз медленнее, чем Земля вокруг своей оси (сравниваются, конечно, так называемые угловые, а не линейные скорости). По-

этому обыкновенный пароход, делающий 25–30 км/ч, может уже в средних широтах «перегнать Луну».

О такого рода явлениях упоминает Марк Твен в своих очерках: «Простак за границей». Во время переезда по Атлантическому океану от Нью-Йорка к Азорским островам «стояла прекрасная летняя погода, а ночи были даже лучше дней. Мы наблюдали странное явление: Луну, появлявшуюся каждый вечер в тот же час в той же точке неба. Причина этого оригинального поведения Луны сначала оставалась для нас загадочной, но потом мы сообразили, в чем дело: мы подвигались каждый час на 20 минут долготы к востоку, т. е. именно с такою скоростью, чтобы не отставать от Луны!»

Тысячная доля секунды

Для нас, привыкших мерить время на свою человеческую мерку, тысячная доля секунды равнозначна нулю. Некогда люди счита-

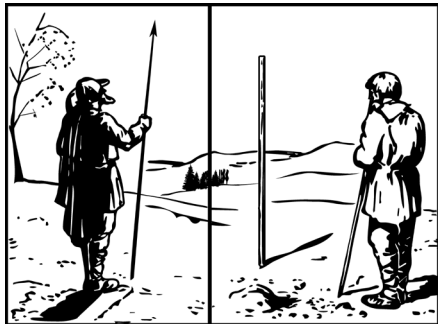


Рис. 5. Определение времени дня по положению Солнца на небе (слева) и по длине тени (справа)

тали даже и минуту слишком ничтожной величиной, чтобы стоило ее измерять. Древний человек жил такой неторопливой жизнью, что на его часах — солнечных, водяных, песочных — не было особых делений для минут. Только с начала XVIII века стала появляться на циферблате минутная стрелка. А с начала XIX века, когда жизнь еще более усложнилась, сделалась лихорадочнее, появилась и стрелка секундная.

Но если для обиходных, житейских целей достаточно мерить время до одной секунды, то для целей научных этого мало. При изучении производственных движений заводских рабочих (по способу *Ф. Джильбрета*) употребляются часы с тысячными делениями

минуты, а в психотехнических лабораториях можно видеть часы, показывающие тысячные доли секунды.

Что же, однако, может успеть совершиться в тысячную долю секунды? Очень многое! Курьерский поезд, правда, перемещается в этот промежуток времени всего на $1-1\frac{1}{2}$ см, но аэроплан передвигается на 10 см, а звук даже на 30 см; земной шар пролетает вокруг Солнца в такую долю секунды 30 м, а свет — 300 км.

Мелкие существа, окружающие нас, — если бы они умели рассуждать, — вероятно, не считали бы сотую долю секунды за ничтожный промежуток времени. Для насекомых, например, эта величина довольно ощутительна. Комар в течение одной секунды делает 500–600 полных взмахов крылышками; значит, в тысячную долю секунды он успевает поднять их или опустить.

Человек не способен перемещать свои члены так быстро, как насекомые. Самое проворное движение наше — мигание глаз, «мгновение ока» или «миг», в первоначальном смысле этих слов. Оно совершается так быстро, что мы не замечаем даже временно-го затемнения поля нашего зрения. Немногие однако знают, что это движение — синоним невообразимой быстроты — протекает в сущности довольно медленно, если измерять его тысячными долями секунды. Полное «мгновение ока» длится — как обнаружили точные измерения (Виктора Анри) — в среднем $\frac{2}{5}$ с, т. е. 400 тысячных долей ее. Оно распадается на следующие фазы: опускание века (75–90 тысячных секунды), состояние неподвижности опущенного века (130–170 тысячных) и поднятие его (около 170 тысячных). Как видите, один «миг» в буквальном смысле этого слова — промежуток довольно значительный, в течение которого глазное веко успевает даже немного отдохнуть. И если бы мы могли воспринимать впечатления, длящиеся тысячную долю се-

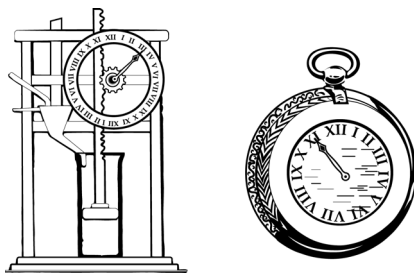


Рис. 6. Водяные часы (слева), употреблявшиеся в древнем мире. Справа — старинные карманные часы. На тех и других часах еще отсутствует минутная стрелка

кунды, мы увидели бы «в одно мгновение» два плавных движения глазного века, разделенные промежутком покоя.

При таком устройстве нашей нервной системы мы увидели бы вообще окружающий нас мир преобразенным до неузнаваемости. Наглядное описание странных картин, какие представились бы тогда нашим глазам, дает английский писатель Уэллс в рассказе «Новейший ускоритель». Герои рассказа выпили особенную — конечно, фантастическую — микстуру, которая действует на нервную систему именно таким образом, что делает органы чувств восприимчивыми к раздельному восприятию быстрых явлений (т. е. ускоряет все восприятия). Вот несколько примеров из рассказа:

«— Видали ли вы до сих пор, чтобы занавеска прикреплялась к окну таким манером?

Я посмотрел на занавеску и увидел, что она словно застыла и что уголок у нее как загнулся от ветра, так и остался.

— Не видал никогда, — сказал я. — Что за странность!

— А это? — сказал он и растопырил пальцы, державшие стакан.

Я ожидал, что стакан разобьется, но он даже не шевельнулся; он повис в воздухе неподвижно.

— Вы, конечно, знаете, — сказал Гибберн, — что падающий предмет опускается в первую секунду на 5 м. И стакан пробегает теперь эти 5 м — но, вы понимаете, не прошло еще и сотой доли секунды*. Это может вам дать понятие о силе моего «ускорителя».

Стакан медленно опускался. Гибберн провел рукою вокруг стакана, над ним и под ним...

Я глянул в окно. Какой-то велосипедист, застывший на одном месте, с застывшим облаком пыли позади, догонял какую-то бричку, которая также не двигалась ни на дюйм.

...Наше внимание было привлечено omnibusом, совершенно окаменевшим. Верхушки колес, лошадиные ноги, конец кнута и нижняя челюсть кучера (он только что начал зевать), — все это хоть и медленно, но двигалось; остальное же в этом неуклюжем экипаже совершенно застыло. Сидящие там люди были как статуи.

...Какой-то человек застыл как раз в тот момент, когда он делал нечеловеческие усилия сложить на ветру газету. Но для нас этого ветра не существовало.

* Надо иметь в виду к тому же, что в первую сотую долю первой секунды своего падения тело проходит не сотую часть от 5 м, а 10 000-ю (по формуле $S = \frac{1}{4}gt^2$), т. е. полмиллиметра, а в первую тысячную долю секунды — всего $\frac{1}{200}$ мм.

Лупа времени

...Все, что было сказано, подумано, сделано мною с той поры, как «ускоритель» проник в мой организм, было лишь мгновением ока для всех прочих людей и для всей вселенной».

Вероятно, читателям интересно будет узнать, каков наименьший промежуток времени, измеримый средствами современной науки? Еще в начале этого века он равнялся 10 000-й доле секунды, теперь же физик в своей лаборатории способен измерить (электрическим способом) 10 000 000 000-ю часть секунды. Этот промежуток примерно во столько же раз меньше целой секунды, во сколько раз секунда меньше 300 лет!

Лупа времени

Когда Уэллс писал свой «Новейший ускоритель», он едва ли думал, что нечто подобное когда-нибудь осуществится. Ему довелось, однако, дожить до этого: он может теперь собственными глазами увидеть — правда, только на экране — те картины, которые создал некогда в своем воображении. Так называемая лупа времени показывает нам на экране в замедленном темпе многие явления, протекающие обычно очень быстро.

Лупа времени есть кинематографический фотоаппарат, делающий в секунду не 16 снимков, как обычные киноаппараты, а во много раз больше. Если заснятое так явление проектировать на экран, пуская ленту с обычной скоростью 16 кадров в секунду, то зрители увидят явление совершающимся в соответствующее число раз медленнее нормального. Читателю случалось, вероятно, видеть на экране такие неестественно плавные прыжки и другие замедленные явления. С помощью более сложных аппаратов того же рода достигается замедление еще более значительное, почти воспроизводящее то, что описано в рассказе Уэллса.

Днем или ночью?

В парижских газетах появилось однажды объявление, обещающее каждому за 25 сантимов указать способ путешествовать де-

шево и притом без малейшего утомления. Нашлись легковверные, которые прислали требуемые 25 сантимов. В ответ каждый из них получил по почте письмо такого содержания:

«Оставайтесь, гражданин, спокойно в своей кровати и помните, что Земля наша вертится. На параллели Парижа — 49-й — вы пробегаете каждые сутки более 25 000 км. А если вы любите живописные виды, откиньте оконную занавеску и восхищайтесь картиной звездного неба.»

Привлеченный к суду за мошенничество виновник этой затеи выслушал приговор, уплатил наложенный на него штраф и, говорят, став в театральную позу, торжественно повторил знаменитое восклицание Галилея:

— А все-таки она вертится!

Обвиняемый был вдвойне прав, потому что каждый обитатель земного шара не только «путешествует», вращаясь вокруг земной оси, но с еще большей скоростью переносится Землею в ее обращении вокруг Солнца. *Ежесекундно* планета наша со всеми своими обитателями перемещается в пространстве на 30 км, вращаясь одновременно и вокруг оси.

По этому поводу можно задать интересный вопрос: когда движемся мы вокруг Солнца быстрее — днем или ночью?

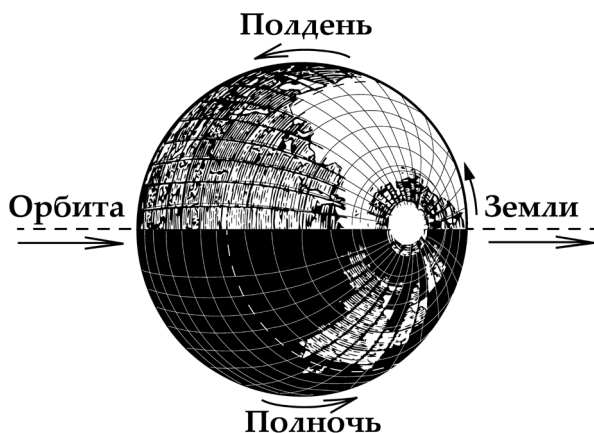


Рис. 7. На ночной половине земного шара люди движутся вокруг Солнца быстрее, чем на дневной