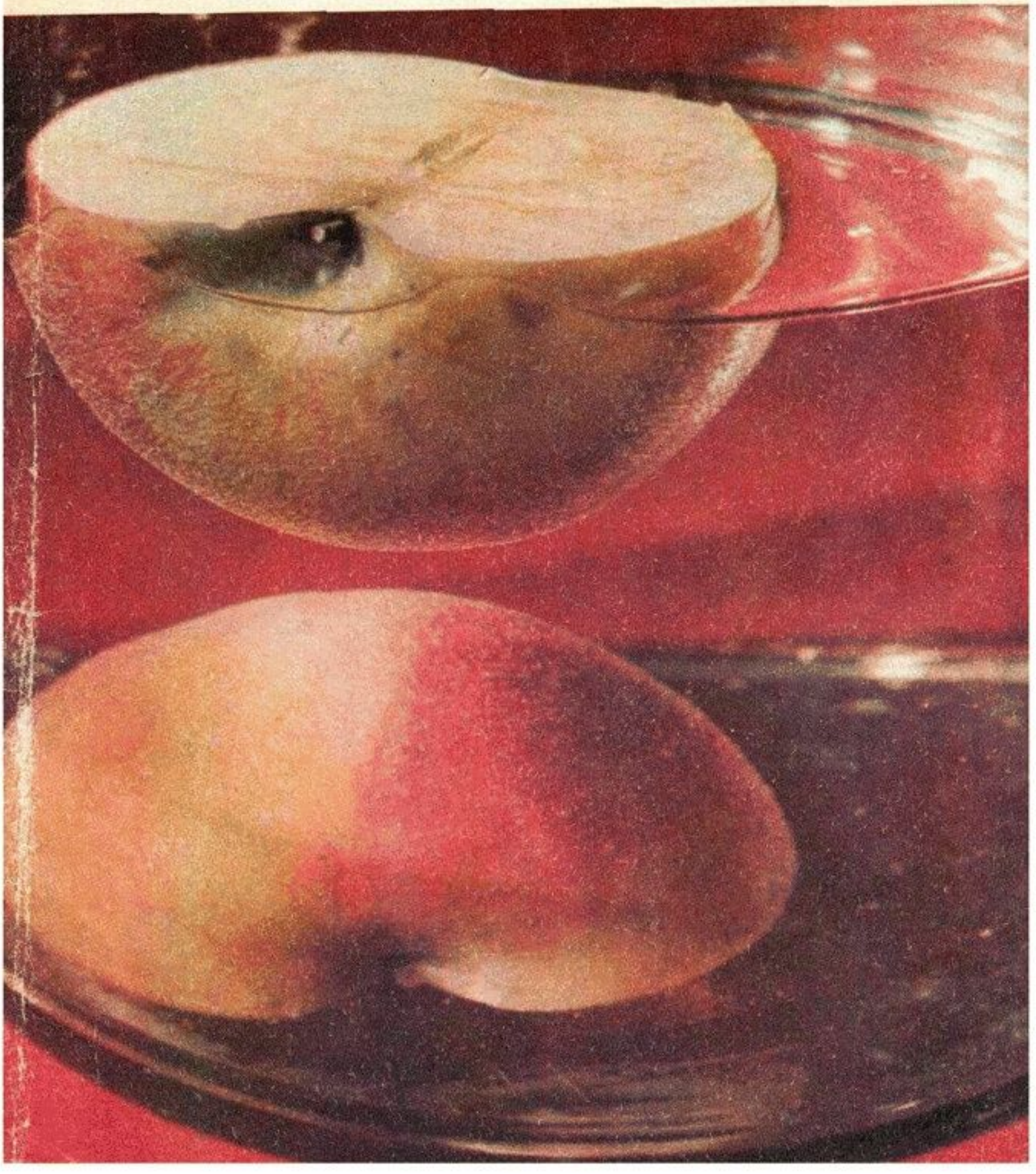
ISSN 0130-2221

# Квант

9
1984

*Научно-популярный физико-математический журнал Академии наук СССР и Академии педагогических наук СССР*



*Научно-популярный физико-математический журнал Академии наук СССР и Академии педагогических наук СССР*

# Квант

**9** 1984

*Основан в 1970 году*

*Издательство „Наука". Главная редакция физико-математической литературы*

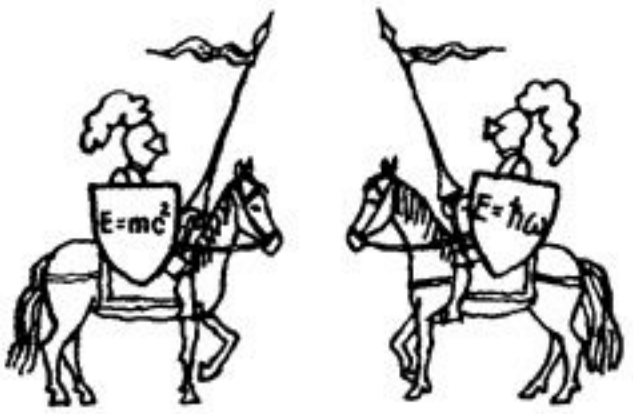


**В НОМЕРЕ:** / **IN THIS ISSUE:**



*Почему две одинаковые половинки яблока ведут себя столь различно — одна плавает на поверхности воды, а другая лежит на дне сосуда (см. фотографию на первой странице обложки)? Ответ на этот вопрос вы найдете в статье «Закон Архимеда».*

# VI Московский турнир юных физиков




*Если два человека одинакового возраста придерживаются противоположных взглядов и у одного из них имеются горячие сторонники, то имеются они и у другого.*

*Льюис Кэррол*

VI Московский турнир был проведен физическим факультетом МГУ с декабря 1983 г. по март 1984 г. Оргкомитет Турнира возглавлял вице-президент АН СССР, академик Е. П. Велихов, жюри — профессор физического факультета МГУ В. Л. Бонч-Бруевич. В этом соревновании старшеклассников приняли участие 41 школа Москвы и Московской области.

Как обычно, Турнир проводился в три этапа.

I тур — заочный коллективный конкурс. Школам для коллективного решения предлагались 17 задач сроком на два месяца. По результатам этого конкурса ко II туру были допущены команды 13-ти школ.

II тур — отборочные физбои, которые определили финалистов Турнира. Отборочные физбои проводились на физическом факультете и в московских школах по задачам заочного конкурса.

III тур — финал Турнира был проведен на физическом факультете МГУ. В его программу входили: физбой финалистов Турнира, конкурс домашних заданий, конкурс капитанов, конкурс болельщиков, награждение победителей Турнира.

Первое место и переходящий приз Турнира присуждены команде школы № 179 г. Москвы, второе место — командам школ № 2 и № 57 г. Москвы, третье место — командам школ ФМШ № 542 при МИФИ, № 444 г. Москвы, ЭСШ № 82 пос. Черноголовка и ФМШ № 18 при МГУ. За победу в отдельных конкурсах Турнира грамоты и подарки были вручены 17-ти школьникам. Физический факультет МГУ наградил школы, команды которых показали высокие результаты, физическими приборами.

VII Турнир юных физиков для учащихся 8—10 классов школ Москвы и Московской области начнется в сентябре 1984 г. Ваши вопросы по организации таких соревнований, отзывы и предложения, а также заявки на участие в ТЮФ-VII присылайте по адресу: 119899, Москва, ГСП, МГУ, физический факультет, Совет по работе со школьниками, Оргкомитет ТЮФ.

### Задания Турнира

Эти задания вы можете использовать при организации в школе викторин, вечеров науки, физбоев, в работе физических кружков.

### Задания заочного коллективного конкурса

Большинство заданий сформулировано на основе конкретных физических явлений и рассчитано на проведение серьезных теоретических и экспериментальных исследований, выходящих за рамки «школьного» подхода. Условия задач, как правило, сформулированы максимально кратко и допускают различные трактовки и степени упрощения.

**1. «Придумай сам».** Самостоятельно сформулируйте задачу-проблему и решите ее.

**2. «Расширяющаяся Вселенная».** Длинная полоска резины одним концом прикреплена к неподвижной планке (координаты концов планки — (0; 0) и (0; 1)), а другим — к планке, движущейся с постоянной скоростью $v$ вдоль оси $Ox$ (начальные координаты концов планки — ($L$; 0) и ($L$; 1). За какое минимальное время муравей перебежит из начала координат в точку на резине с начальными координатами ($x_0$; $y_0$)? Ширина резиновой полоски постоянна, скорость муравья относительно резины $v_1$.

**3. «Встреча».** Три муравья одновременно начинают двигаться из трех различных точек с различными постоянными скоростями так, что скорость первого муравья всегда направлена ко второму, второго — к третьему и третьего — к первому. При каких соотношениях скоростей произойдет их одновременная встреча? В какой точке это произойдет? Считать известными начальные координаты и скорости муравьев.

**4. «Клей».** Наполовину заполненная бутылочка с клеем (свежим, канцелярским) скатывается без проскальзывания с наклонной плоскости. Экспериментатор может придать бутылочке практически любую начальную скорость. Какой будет установившаяся скорость качения бутылочки по очень длинной наклонной плоскости в зависимости от начальной скорости и угла наклона плоскости?

**5. «Гипосульфит».** Фотолюбители хорошо знают, что при растворении гипосульфита (тиосульфата натрия) вода сильно охлаждается. Исследовать это явление. В частности, определить $\Delta U$ [Дж/кг].

**6. «Связь».** Любознательные физики решили связаться с «жителями» α-Центавра посредством электронного пучка. Возможно ли это и каков тогда должен быть пучок?

**7. «Машина катастроф».** «Катастрофами называются скачкообразные изменения, возникающие в виде внезапного ответа системы на плавное изменение внешних условий. Применение теории катастроф к конкретным задачам в разных областях науки вызвало много споров...» (Арнольд В. И. *Теория катастроф*. М.: Знание, 1981; МГУ, 1983).

Наглядное представление о применении выводов теории катастроф можно получить с помощью

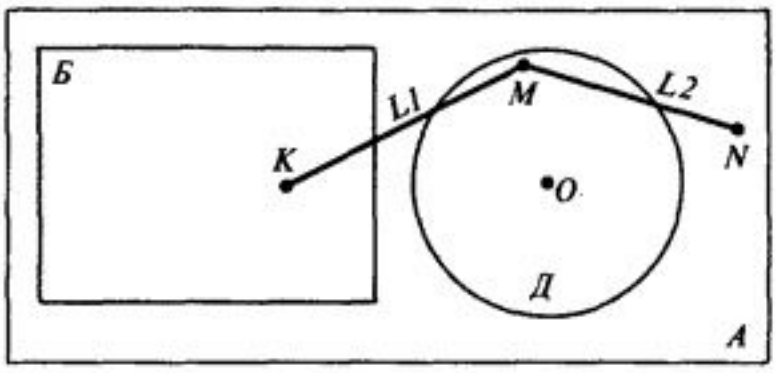



*Рис. 1.*

«машины катастроф» Зимана (рис. 1). Ее легко изготовить: диск *Д* из плотного картона крепится к доске *А* так, что он может свободно вращаться на оси *О*. На краю диска имеется штырь *М*, к которому прикрепляется середина легко растяжимой резиновой ленты *L*1 — *L*2. Один конец ленты прикреплен к доске в некоторой точке *N*, а к другому, свободному концу прикрепляют карандаш *К*. При медленном перемещении карандаша по листу бумаги *Б* диск поворачивается и при пересечении карандашом некоторых точек, лежащих на так называемой «кривой катастроф», может скачком перейти в новое положение.

Исследуйте «кривую катастроф» машины Зимана. Постройте свою «машину катастроф» и исследуйте ее.

**8. «Река».** Оцените скорость течения реки, если перепад высот составляет 1 м/1 км на протяжении 100 км. Какова скорость плота в такой реке?

**9. «Электромотор».** Экспериментально исследуйте и объясните семейство вольтамперных характеристик $I(U)$ электромотора, применяемого в детских игрушках, при различных механических нагрузках.

**10. «Трос».** Исследовательское судно «Витязь» отправляется в плавание для изучения дна океана. Предстоит опустить на дно специальное устройство ($m$=6000 кг, $V$=1 м$^3$) на стальном тросе. На какую глубину можно опустить это устройство и каким должен быть трос?

**11. «Батарейка».** Исследуйте зависимость ЭДС и внутреннего сопротивления батарейки для карманного фонарика от температуры в интервале 10 °С — 90 °С.

**12. «Трансформатор».** При размыкании первичной цепи ключом *К* во вторичной цепи возникает импульс тока (рис. 2).

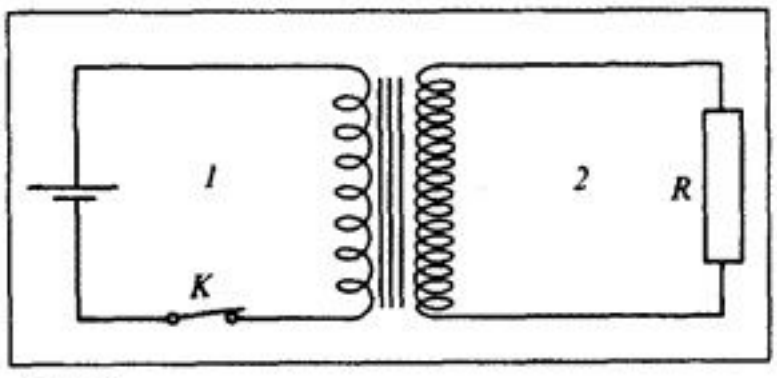



*Рис. 2.*

Объяснить его происхождение и измерить амплитуду импульса для конкретной схемы. Трансформатор повышающий (любой, какой можно достать), источник тока — батарейка, $R$=10 кОм.

**13. «Затухание».** Экспериментально вывести закон затухания колебаний математического маятника в воздухе. Эксперименты желательно провести с тяжелым шариком $m$=100 г, подвешенным на нити $l$=1 м. Начальное отклонение $\alpha$=20°.

**14. «Плотность вероятности».** На *X*-пластины осциллографа подается гармонический сигнал $x=x_0 \sin\omega t$. Вследствие этого на экране наблюдается горизонтальная полоска, освещенность которой больше на краях, чем в центре. Вывести закон изменения освещенности полоски вдоль ее длины.

**15. «Шарик и поршень».** Маленький, абсолютно упругий шарик находится между абсолютно

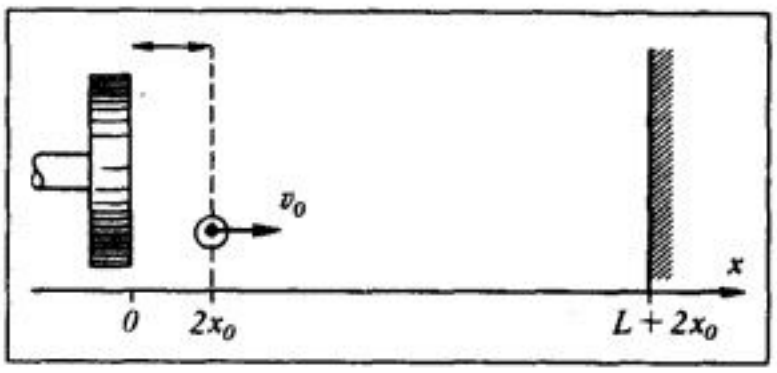



*Рис. 3.*

упругими стенкой и поршнем (рис. 3). Поршень совершает гармонические колебания по закону $x=x_0(1-\cos\omega t)$. Минимальное расстояние между поршнем и стенкой равно $L$, причем $L>x_0$.

В начальный момент $t$=0 шарик находится в точке $x=2x_0$ и имеет скорость $v_0>0$, направленную к стенке. Какая скорость будет у шарика после достаточно большого числа соударений? Для простоты расчетов и сравнимости результатов считать, что после каждого соударения шарика с поршнем поршень мгновенно возвращается в положение $x$=0 и покоится до тех пор, пока шарик не удалится от начала координат на расстояние $x=2x_0$. Затем поршень продолжает гармонические колебания до следующего соударения с шариком и т. д. Пусть все величины безразмерные и $x_0$=0,0025; $L$=0,5; $\omega=\pi$; $v_0$=0,04—1,00.

**16. «Планета».** Некая планета вращается по круговой орбите с периодом $\tau$ вокруг звезды типа Солнца. Вследствие вращения планеты вокруг собственной оси с частотой $\nu$ температура поверхности планеты неодинакова на дневной и ночной сторонах. Известно, что коэффициент отражения поверхности планеты зависит от температуры: $\Delta\varepsilon=\alpha\Delta T$. Следовательно, электромагнитное излучение больше отражается от вечернего края планеты, чем от утреннего, и это должно изменять скорость вращения планеты вокруг своей оси. Рассчитать изменение частоты вращения планеты за год $\Delta\nu$ [с/год]. Считать известными параметры излучения и параметры планеты. Произвести численные оценки для Земли.

**17. «Картошка».** Полярность немаркированного источника постоянного напряжения можно определить с помощью ... сырой картошки. Попробуйте!

### Домашние задания финалистам Турнира

**1. «Мертвая вода».** «Мы направились к краю льда, чтобы пристать, но «Фрам» оказался на «мертвой воде» и почти не трогался с места, хотя машина и работала изо всех сил. Мы продвигались так медленно, что я предпочел выехать вперед на лодке, чтобы настрелять тюленей». (Фр. Нансен. *Среди льдов и во мраке полярной ночи.*)

Что такое «мертвая вода», почему она существенно замедляет продвижение корабля?

**2. «Качение шарика».** Шарик скатывается по двум параллельным наклонным рельсам. Рассчитать и измерить зависимость ускорения $a$ ша-

рика от ширины $x$ щели между рельсами: $a = f(x)$. Пусть $x = 0{,}1D - 0{,}7D$ и $\mathrm{tg}\alpha = 0{,}01 - 0{,}6$, где $D$ — диаметр шарика. Для экспериментов был выдан биллиардный шарик ($D = 5$ см).

**3. «Конденсатор».** Предложить способ и измерить емкость электролитического конденсатора. Для экспериментов был выдан конденсатор ЭГЦ 500 мкФ 30 В.

**4. «Страусиное яйцо».** Оцените, во сколько раз страусиное яйцо варится дольше куриного.

**5. «Представление».** Разыграть с участием членов команды и болельщиков представление на физическую тему. Длительность представления — 5 мин. Жанр произвольный.

### Конкурс главных задач

На решение этих задач с представлением письменных отчетов командам отводилось два часа.

**1. «Резонатор Гельмгольца».** Рассчитать и измерить резонансную частоту звуковых колебаний в сферической колбе с узким горлышком. Объем колбы 0,5 л, площадь сечения горлышка 4 см$^2$, высота горлышка 2 см, скорость звука 330 м/с.

**2. «Искра».** При размыкании цепи постоянного тока, содержащей большую индуктивность, между контактами размыкающего ключа возникает искровой разряд. Если параллельно ключу подсоединить конденсатор, то искровой разряд значительно ослабнет. Исследовать и объяснить явление гашения искры при подключении конденсатора.

**3. «Эффект Доплера».** Источник и приемник звуковых колебаний (репродуктор и микрофон) укреплены на концах планки, которая подвешена к маятнику и может совершать колебания (образуется фигура в виде перевернутой буквы Т). Сигнал, поступающий на репродуктор от звукового генератора, подается на $X$-пластины осциллографа. На $Y$-пластины осциллографа подается усиленный сигнал от микрофона. Таким образом, на экране осциллографа методом эллипса можно наблюдать разность фаз между сигналом звукового генератора и усиленным сигналом микрофона. Предварительно, при покоящемся маятнике, небольшим изменением частоты генератора на экране осциллографа получают изображение наклонной прямой. Затем при свободно колеблющемся маятнике на экране осциллографа наблюдают периодическое превращение прямой в эллипс (если планка находится в плоскости качаний).

Объяснить эффект возникновения дополнительной разности фаз в данном эксперименте. Произвести численные оценки. В представленной установке длина маятника 1,6 м, длина планки 70 см, частота звукового генератора 10 кГц, начальное отклонение маятника 30°.

### Конкурс капитанов и болельщиков

Капитаны выполняли эти задания с двумя помощниками. Болельщики работали индивидуально или группами и присылали ответы в пользу одной из команд — финалистов. Время на выполнение каждого задания — 5 минут.

**1. «Фокус холода».** Два сферических отражателя направлены навстречу друг другу. В фокус первого отражателя помещен термостолбик. Если в фокус второго отражателя поместить горячий объект (зажженную спичку или руку экспериментатора), то термостолбик зафиксирует повышение температуры. Что будет, если в фокус второго отражателя поместить кювету с жидким азотом?

**2. «Взвешивание слона».** «Слон» подвешен так, как показано на рисунке 4. Определить массу «слона», если известна масса гири. Углы, которые составляют нити с вертикалью, можно измерить.

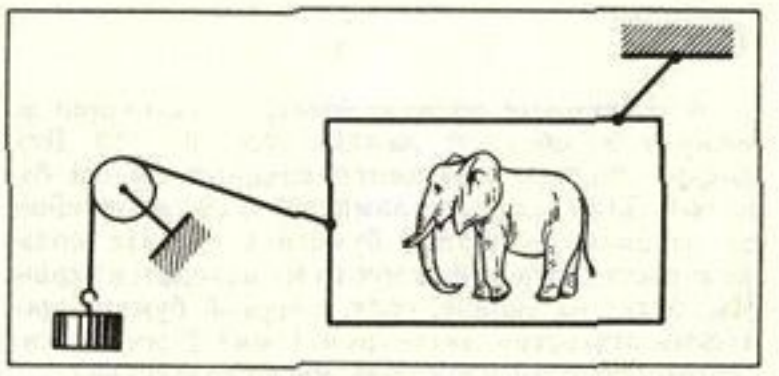


*Рис. 4.*

**3. «Машина катастроф Зимана».** Объяснить качественно, как изменится кривая катастроф машины Зимана, если укоротить резинку $L1$ (описание машины Зимана см. в заданиях заочного конкурса).

**4. «Машина».** Что будет, если отпустить тормоза (рис. 5)?

**5. «Сифон».** Будет ли действовать сифон, если его поместить под колокол вакуумного насоса и откачать воздух (рис. 6)?

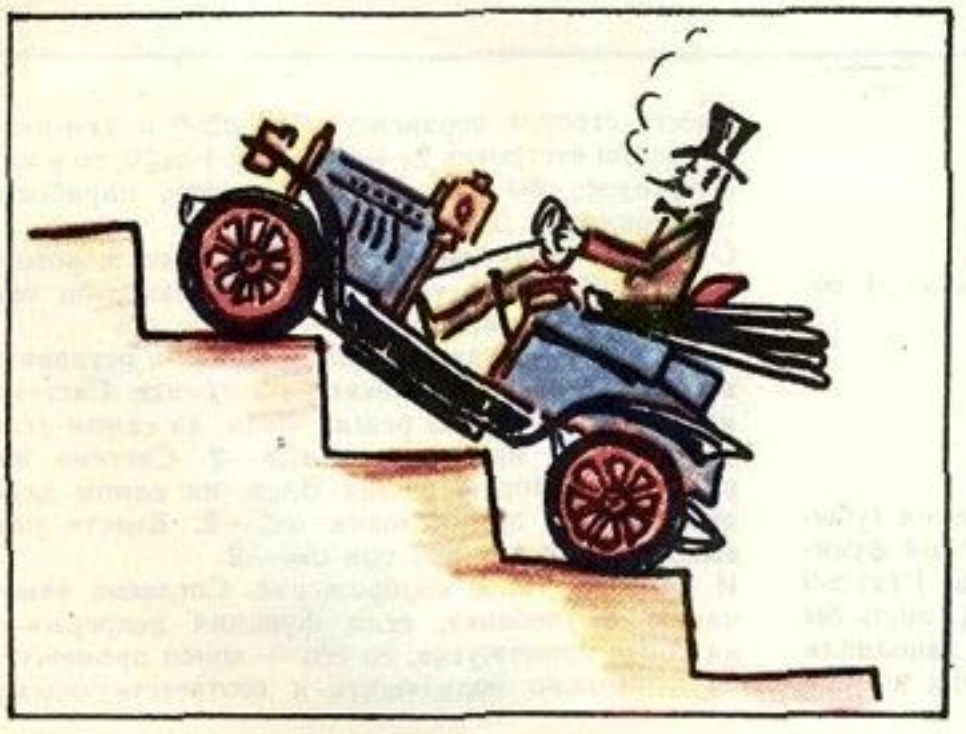


*Рис. 5.*

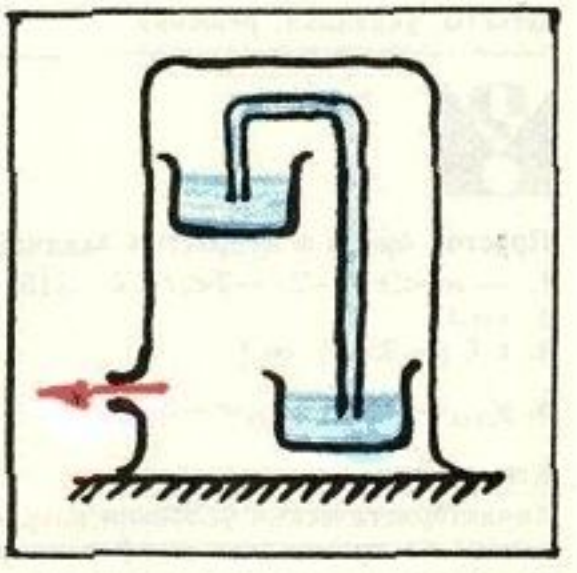


*Рис. 6.*

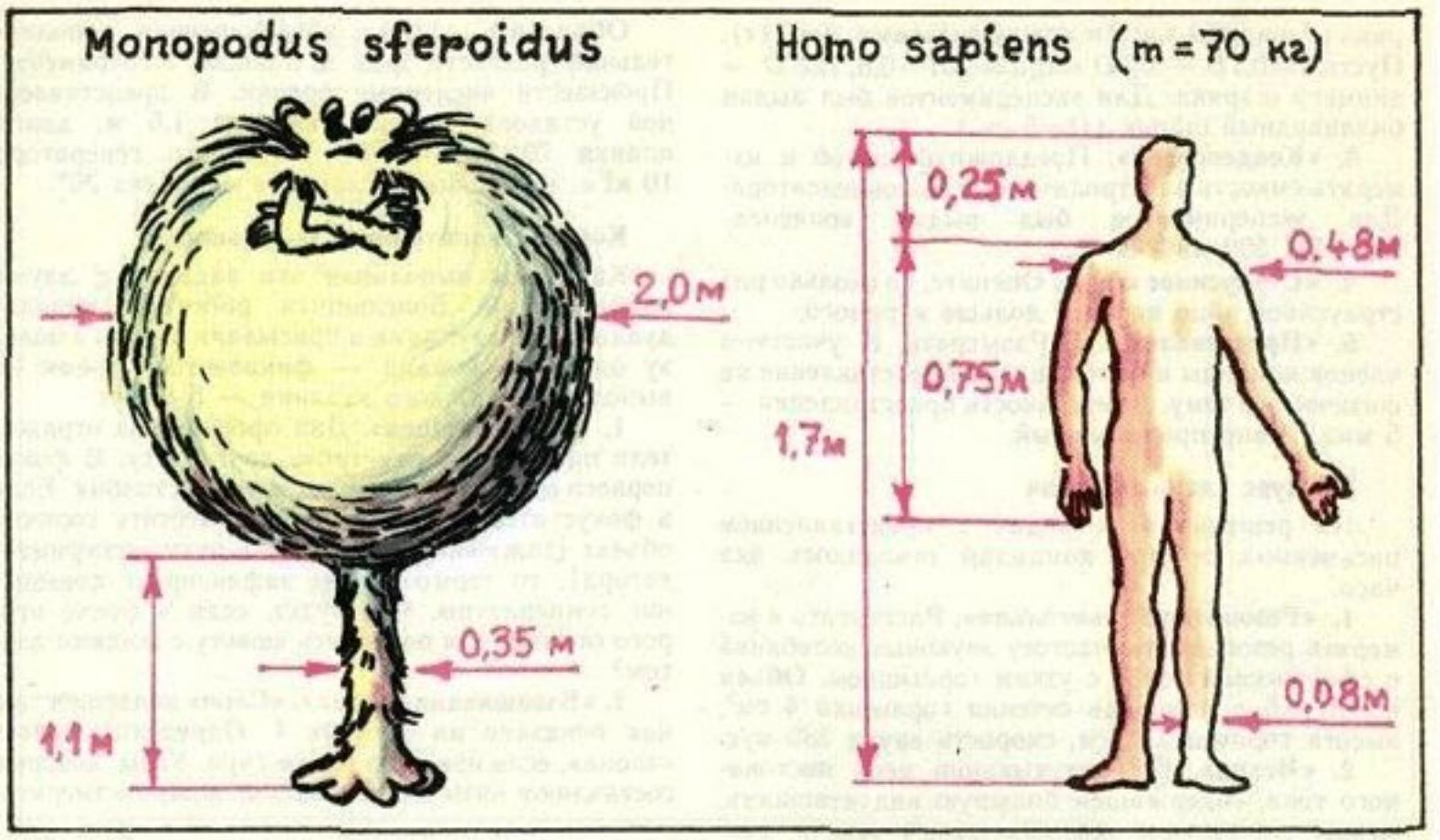



*Рис. 7.*

**6. «Световые пятна».** Фонарь, состоящий из кожуха и обычной лампы (220 В, 150 Вт), закрыт спереди светонепроницаемой черной бумагой. Длина спирали лампочки 3 см, расстояние от спирали до черной бумаги 6 см. На большом расстоянии от фонаря (5 м) находится экран. Что будет на экране, если в черной бумаге проколоть отверстия диаметром 1 мм? 2 мм? 3 мм? Что будет, если проколоть много отверстий?

**7. «Орловский рысак».** В течение двух минут человек может двигаться со скоростью: бегом — *28 км/ч, на коньках — 47 км/ч. Орловский рысак* в течение двух минут развивает скорость 48 км/ч. Какую скорость мог бы развить орловский рысак на коньках? Для справки дана таблица мировых рекордов (первое число — время, второе — скорость в км/ч):

| | | | |
|---|---|---|---|
| Бег 800 м | муж.<br>жен. | 1.43,5<br>1.53,5 | 27,83<br>25,37 |
| Коньки 1500 м | муж.<br>жен. | 1.54,26<br>2.04,04 | 47,26<br>43,53 |
| Бег 1600 м | орловский рысак | 1.59,75 | 48,10 |

**8. «Одноног».** Некая зоологическая экспедиция обнаружила в джунглях реки Амазонки новый вид млекопитающего животного — Monopodus sferoidus (рис. 7, в просторечии — *одноног*).

Оцените массу и полный рост одноногa. При решении задачи используйте средние антропометрические данные для человека.

*Зам. председателя оргкомитета турнира*
*Е. Н. Юносов*

**Ответы, указания, решения**

**Простой прием в непростых задачах**

1. $-\infty < x < -2$, $-2 < x < 2-\sqrt{15}$, $6 \leqslant x < +\infty$.
2. $x=3$.
4. $x \in [6,25; +\infty[$.
5. $y_{max} = -\frac{3}{4}$; $y_{min} = -3$.

**Кто же прав?**

Характеристическим условием возрастания (убывания) на промежутке дифференцируемой функции является неравенство $f'(x) \geqslant 0$, а не $f'(x) > 0$ (для убывания $f'(x) \leqslant 0$, а не $f'(x) < 0$), лишь бы только критические точки функции не заполняли какого-либо промежутка. Если бы Федя и Вася вместо строгих неравенств $2x+a>0$ и $2x+a<0$ написали нестрогие $2x+a \geqslant 0$ и $2x+a \leqslant 0$, то у них получилось бы, что $a=-2$, то есть парабола, нарисованная Дусей.

О таком характеристическом условии монотонности функции в учебнике не сказано, но оно совершенно очевидно.

Вместе с тем, задачу можно решить и оставаясь в рамках того, что написано в учебнике. Система неравенств, которую решал Федя, на самом деле выполняется при условии $a \geqslant -2$. Система неравенств, которую решал Вася, на самом деле выполняется при условии $a \leqslant -2$. Вместе они выполняются как раз при $a=-2$.

И наконец, такое соображение. Согласно замечанию в учебнике, если функция непрерывна на конце промежутка, то его — конец промежутка — можно подключить к соответствующему

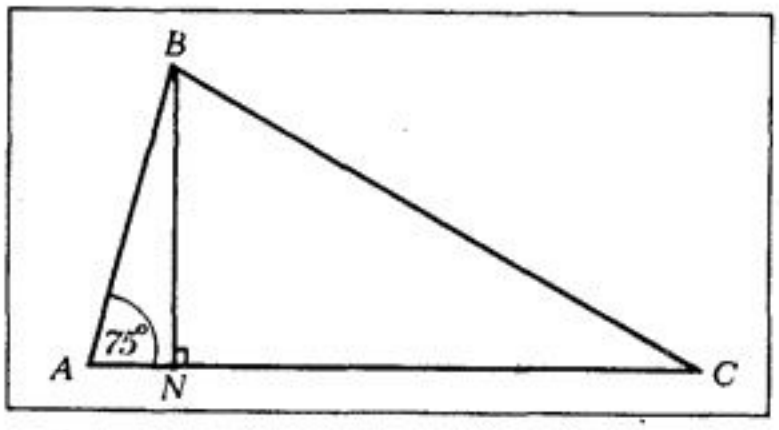



*Рис. 5.*

$\angle B > 75°$, $\angle C < 30°$ и $BN < \frac{1}{2} BC$, откуда $AC < BC$. Опять противоречие с предположением. Следовательно, $BC = AC$.

**3.** Так как число $234x2y0$ должно нацело разделиться на 3600, то $y=0$, а из делимости на 3600 следует делимость на 9, откуда $2+3+4+x+2$ должно делиться на 9, откуда $x=7$. Кляксы нужно заменить на 7 и 0.

**4.** За два первых дня Слава прочел $1/2+1/6=2/3$ книги, в третий день он прочел еще $1/3$, тем самым закончил чтение книги.

**5.** $25^2=625$ (решение единственное).

**Шахматная страничка**
*(см. «Квант» №№ 5, 6)*

**Задание 9** (Н. Григорьев, 1920 г.). Поспешное 1. d4 ведет к ничьей — 1... Kpe4 2. Kpc3 Kpf5 3. Kpd3 Kpf4 и т. д. Белые выигрывают, пользуясь «методом треугольника». **1. Kpc2 Kpf4** (1... Kpe3 2. Kpc3 и 3. Kpd 4) 2. Kpb 2 Kpf3 **3. Kpb3! Kpf4 4. Kpc2 Kpf3 5. Kpd2.** Пройдя по треугольнику c2—b2—b3, белый король добился своей цели. На доске исходная позиция, но с ходом черных. Победа достигается следующим образом: **5... Kpf4 6. Kpe2 Kpe5 7. Kpe3 Kpd5 8. d4 Kpc4 9. Kpe4 Kp:b4 10. d5 Kpc5 11. Kpe5 b4 12. d6 Kpc6 13. Kpe6 b3 14. d7 b2 15. d8Ф b1Ф 16. Фc8+ Kpb6 17. Фb8+** и 18. Ф:b1. В случае 4... Kpe5 решает 5. Kpd1! Kpd5 6. Kpe2 Kpd4 7. Kpd2! Kpe5 8. Kpe3 и т. д.

**Задание 10** (Р. Рети, 1923 г.). Возможны два первых хода, но ни один из них обычно не приходит в голову. **1. Лd2(d3)!** А почему не 1. Лd1? Ладья спустится на первую горизонталь только после того, как пешка придет в движение — **1... d4 2. Лd1! Kpd5 3. Kpd7! Kpc4 4. Kpe6 d3 5. Kpe5** или 3... Kpe4 4. Kpc6 d3 5. Kpc5, и черные беззащитны. Оказывается при 1. Лd1? d4 2. Kpd7 Kpd5! белые попадают в цугцванг и после 3. Лd2 Kpe4 4. Kpc6 Kpe3 вынуждены смириться с ничьей.

**Задание 11** (Л. Лошинский, 1933 г.). **1. Kpa5!** Далее все строится на различных связках. 1...Ф:e5+ 2. Kb5×, 1...Ф:f2 2. Kf5×, 1...Л:d4 2.Kd3×, 1...Фe4 2. Ke2×. Других защит от 2. Ke2× у черных нет.

**Задание 12** (Л. Лошинский, 1954 г.). Задача завоевала высшее отличие на конкурсе миниатюр. **1. Фe5!** e1K 2. Фe3+ Kpf1 3. Ce2×, 1...g1K 2. Фg3+ Kpf1 3. Cg2×, 1...Kpf1 (g1) 2. Ф:e2 (+) и 3. Ф:g2×, 1...e1Ф 2. Фg3+ и 3. Ф:g2×.
Не проходит 1. Фg5 из-за ответа 1...Kpe1 и 1. Фf4 из-за 1...Kpf1!



*Номер подготовили:*
А. Н. Виленкин, В. Н. Дубровский, А. А. Егоров, Б. М. Ивлев, Т. С. Петрова, А. Б. Сосинский, В. А. Тихомирова

*Номер оформили:*
А. А. Астрецов, М. Б. Дубах, В. М. Ильин, Н. С. Кузьмина, Ю. П. Мартыненко, И. Е. Смирнова, А. А. Шабанов, Е. С. Шабельник, В. Б. Юдин

*Фото представили:*
А. С. Кондратьев, Б. Л. Раскин, В. П. Шевченко

*Заведующая редакцией* Л. В. Чернова

*Редактор отдела художественного оформления*
Э. А. Смирнов

*Художественный редактор* Т. М. Макарова

*Корректор* Н. Д. Дорохова

103006, Москва, К-6, ул. Горького, 32/1,
«Квант», тел. 250-33-54

Сдано в набор 19.7.84.
Подписано к печати 15.8.84.
Печать офсетная.
Бумага 70×108 1/16. Усл. кр.-отт. 23,80.
Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 7,25. Т-17462.
Цена 40 коп. Заказ 1880. Тираж 172 924 экз.

Ордена Трудового Красного Знамени
Чеховский полиграфический комбинат
ВО «Союзполиграфпром»
Государственного комитета СССР
по делам издательств, полиграфии
и книжной торговли
г. Чехов Московской области