

1 2004

1

РЕПЕТИОР

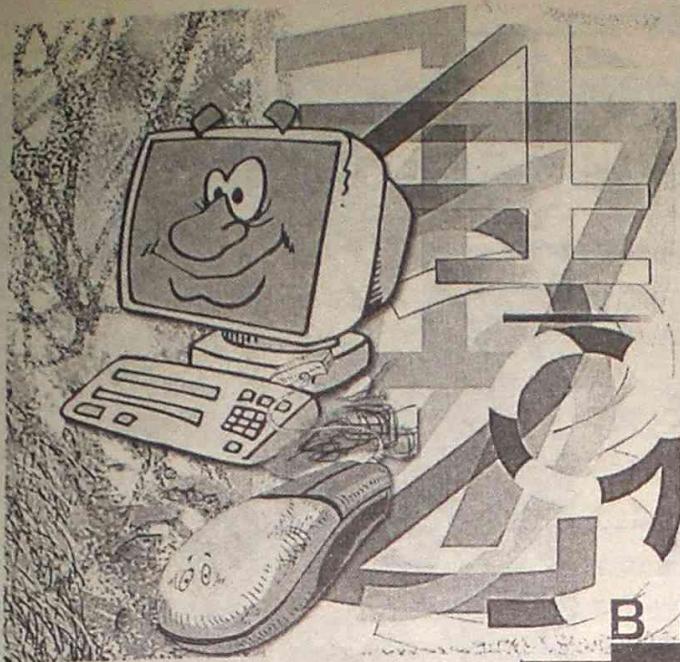
журнал для школьников

Индекс: 74928

- Нобелевские лауреаты 2003 года
- Менделеевский съезд глазами студента
- Потрясающая новость для любителей физики математики, и журналистики!

Привет,
я снова с вами!
«Клуб Знатоков»
начинает работу!





В НОМЕРЕ:

Неизвестное об известном

Откуда родом Дед Мороз..... 2

На пьедестале почета

Нобелевские лауреаты 2003 года..... 6

История науки

XVII Менделеевский съезд по
общей и прикладной химии глазами
студента..... 12

Представляем факультет

Механико-математический
факультет БГУ..... 16
Физический факультет БГУ..... 19
Факультет журналистики БГУ..... 23

Шаг к успеху

Олимпиада механико-математическо-
го факультета БГУ..... 28
Олимпиада физического
факультета БГУ..... 29
Творческий конкурс факультета
журналистики БГУ..... 31

В мире компьютеров

Интернет для начинающих и
продолжающих..... 32

Конспекты к экзамену

Математика..... 42
Физика..... 44
Химия 46
Биология..... 47

Клуб Знатоков

Заседание первое..... 50

Олимпиада

XVI Международный турнир юных
физиков..... 53

Мой любимый учитель

Строчки признательности и
любви..... 63

Как правильно?

«Капризы» имени
числительного..... 69

Конкурс

Задание конкурса «Кенгуру-2003»
для учащихся 9–10-х классов..... 74

За страницами школьного учебника

Функции «пола» и «потолка»..... 80

На книжную полку

По страницам
«Репетитора»-2003..... 86

Вопрос в почтовом конверте

Вы нам писали..... 92

В свободную минуту

Итоги конкурсов «Репетитора»..... 94

Обратная связь

Анкета читателей «Репетитора»..... 96

БІБЛІЯТЭКА
БЕЛДЗЯРЖ-
УНІВЕРСІТЭТА

XVI МЕЖДУНАРОДНЫЙ ТУРНИР ЮНЫХ ФИЗИКОВ

(1 – 8 июля 2003 г., г. Уппсала, Швеция)



С 1-го по 8-е июля 2003 г. в Швеции (г. Уппсала) состоялся XVI Международный турнир юных физиков, на который съехались молодые люди из 22 стран. На «чемпионат мира по командной физике» прибыли дружины из Австралии, Австрии, Англии, Беларуси, Болгарии, Венгрии, Германии, Голландии, Грузии, Индонезии, Мексики, Новой Зеландии, Польши, России, Словакии, Украины, Финляндии, Хорватии, Чешской республики, Швейцарии, Швеции (2 команды), Южной Кореи.

Белорусская команда была сформирована по итогам подготовительных сборов, проходивших на базе физического факультета БГУ в мае–июне 2003 года. На сборы были приглашены две лучшие команды XI Республиканского турнира юных физиков, состоявшегося в феврале 2003 года на базе Лицея № 1 г. Минска, в котором принимали участие 23 команды из различных регионов Беларуси.

Итак, Республику Беларусь на XVI Международном турнире юных физиков представляла команда Лицея БГУ в составе: школьники — Николаев Игорь, Рутман Борис, Кожемякин Алексей, Лобко Алексей, Макатун Дмитрий; руководители — И. Н. Варакса, Л. Г. Маркович.

По новым правилам Международного турнира все команды приняли участие в пяти отборочных физбоях, по результатам которых определялись финалисты. (Напомним, что ранее после трех отборочных физбоев определялись 9 участников полуфинала, которые и разыгрывали медали).

Результаты отборочных физбоев представлены в следующей таблице:

	Страна	Результат
1.	Германия	339,4
2.	Польша	231,8
3.	Корея	229,4
4.	Словакия	224,0
5.	Англия	222,2
6.	Австрия	219,0
7.	Новая Зеландия	219,0
8.	Беларусь	218,0
9.	Чехия	215,0
10.	Австралия	214,8
11.	Россия	207,2
12.	Венгрия	200,6
13.	Мексика	196,6
14.	Болгария	196,0
15.	Швеция-1	195,8
16.	Швейцария	194,4
17.	Грузия	193,4
18.	Финляндия	191,8
19.	Хорватия	189,1
20.	Швеция-2	181,8
21.	Украина	178,8
22.	Индонезия	177,0
23.	Голландия	174,2

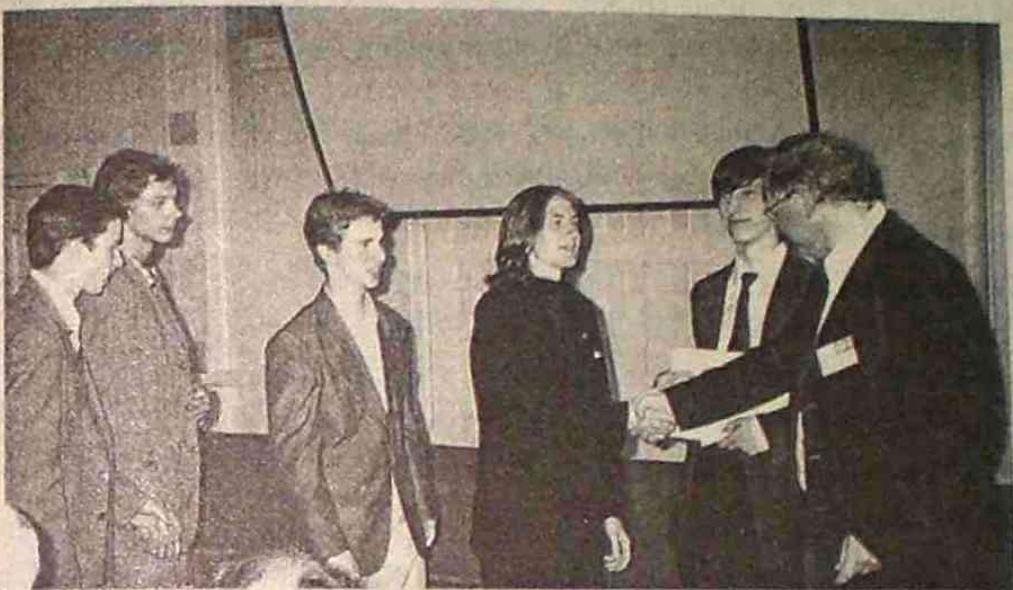
побывали на незабываемой экскурсии по легендарному городу-архипелагу Стокгольму, смогли увидеть собственными глазами флагман шведского королевского флота «Vassa», пролежавший на морском дне 333 года и поднятый в 1961 году шведскими специалистами. Участники Турнира совершили и маленькую морскую прогулку по живописной Швеции, природа которой так напоминала нам родную Беларусь.

Следующий Международный турнир юных физиков пройдет в Австралии (г. Брисбен). Всех желающих там побывать мы приглашаем к участию в XII Республиканском турнире юных физиков, победитель которого и будет представлять нашу республику на первом Турнире Южного полушария.

По решению жюри Международного турнира все команды из первой десятки (за исключением финалистов) получили дипломы III степени. Таким образом, наша молодая команда, составленная из десятиклассников, показала лучший результат среди стран СНГ и получила диплом III степени.

В финале встретились команды Германии, Польши и Кореи. По его итогам дипломы I степени были присуждены командам Германии и Кореи, а диплом II степени — команде Польши. Подчеркнем, что команда Южной Кореи, стремительно ворвавшись в турнирное движение, не спасовала перед «мэтрами» и смогла завоевать диплом высочайшего ранга, фактически повторив «подвиг» команды Беларуси образца 1992 года.

Организаторы Международного турнира позаботились о том, чтобы ребята не только напряженно работали, но и хорошо отдохнули. Мы



Приложение 1.

ЗАДАНИЯ XVI МЕЖДУНАРОДНОГО ТУРНИРА ЮНЫХ ФИЗИКОВ

1. «Движение воздушного змея». В ветреный день Вы можете видеть полет воздушного змея. Часто воздушный змей на одной веревке движется по стабильной траектории, которая похожа на цифру 8. Почему он движется таким образом? Существуют ли при этом другие стабильные траектории?

2. «Водяные капли». Объясните и исследуйте движение капель воды на оконном стекле.

3. «Прозрачная пленка». Если Вы положите на печатный текст кусок прозрачной полиэтиленовой пленки, то легко сможете его прочитать. Если же постепенно поднимать пленку, то текст все больше и больше «затуманивается» и даже может исчезнуть. Изучите свойства пленки. От каких ее параметров зависит описанное явление?

4. «Яркие пятна». Выдуйте мыльный пузырь и «посадите» его на поверхность воды или стеклянную пластинку. В солнечном свете на пузыре можно наблюдать яркие пятна. Объясните и исследуйте это явление.

5. «Пузыри на границе раздела». Некоторые жидкости могут образовывать слои «одна над одной» с ярко выраженной границей раздела между ними. Если поверхностное натяжение жидкостей различно, то можно наблюдать интересное явление. Для этого выдуйте пузыри различных размеров в нижней жидкости и наблюдайте их поведение вблизи границы раздела. Объясните и исследуйте это явление.

6. «Замороженная газировка». При открывании сосуда с холодной газированной водой она иногда замораживается. Объясните явление и изучите его существенные параметры.

7. «Осциллирующая коробка». Возьмите коробку и разделите ее на небольшие клетки с помощью тонких стенок. Приблизительно равномерно насыпьте в клетки стальные шарики. Если коробка совершает вертикальные колебания, то шарики будут случайно перескакивать из одной клетки в другую. В зависимости от амплитуды и частоты колебаний распределение шариков по клеткам будет стабильным или нестабильным. Изучите эффект и постройте модель для его объяснения.

8. «Тепловой двигатель». Сконструируйте тепловой двигатель из U-образной трубки, частично заполненной водой (или другой жидкостью), одно из колен которой открыто, а второе соединено трубкой с сосудом, в котором нагревается газ. Если вывести жидкость из равновесия, то в системе могут начаться колебания. От чего зависит их частота? Постройте p - V -диаграмму газа в таком двигателе.

9. «Падающая труба». Иногда падающая высокая труба разламывается на две части еще до удара о землю. Объясните и исследуйте это явление.

10. «Вольфрамовая лампочка». Известно, что сопротивление вольфрамовой спирали в лампе накаливания сильно зависит от температуры. Сконструируйте и продемонстрируйте устройство, действие которого основано на этом явлении.

11. «Рассеяние света». Сконструируйте оптическое устройство для измерения концентрации нерастворимого в воде материала в водяном коллоидном «растворе». Используйте Ваше устройство для определения жирности молока.

12. «Вареное яйцо». Сконструируйте крутильный вискозиметр. Используйте его для исследования и объяснения различий в вязких свойствах куриных яиц, сваренных до различной степени «крутизны».

13. «Электро-осмос». Создайте устройство, которое будет осушать мокрый песок с помощью электрического напряжения, но без значительного нагревания.

14. «Вращающийся диск». Определите оптимальный способ метания диска «Frisbee» на максимальную дальность. Обоснуйте Ваш выбор.

15. «Вихри». Изготовьте коробку, в передней стенке которой имеется отверстие, а задняя стенка представляет собой мембрану. Удар по мембране создает вихрь, распространяющийся из отверстия. Исследуйте явление и объясните, что происходит при взаимодействии двух вихрей.

16. «Кастриоля и лёд». Иногда спорят, что для более эффективного охлаждения кастрюли нужно положить лёд на нее. Оцените насколько это эффективнее случая, когда лёд расположен под кастрюлей.

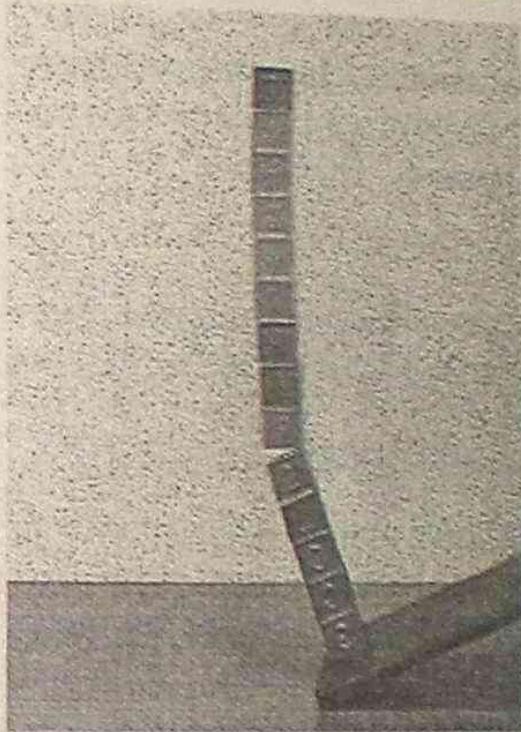
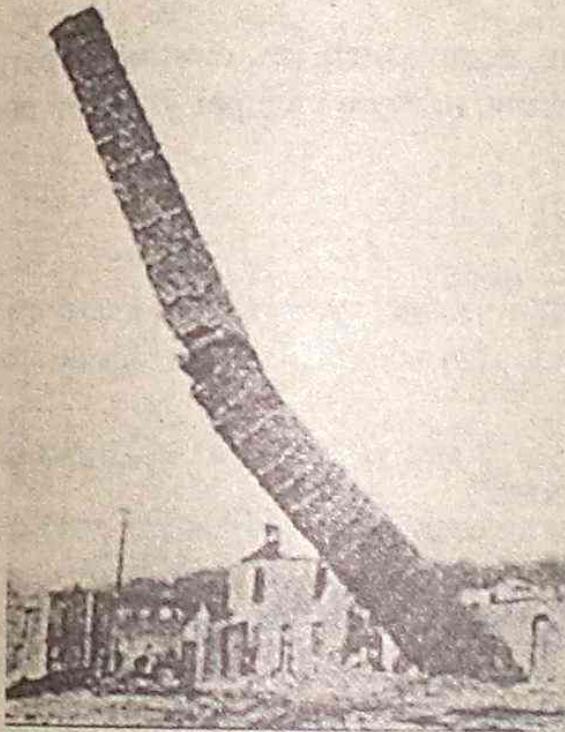
17. «Задача Прометея». Опишите и продемонстрируйте физический механизм, основанный на трении, который позволил бы нашим предкам получить огонь. Оцените время, необходимое для этого.

Приложение 2.

ДОКЛАД ПО ЗАДАНИЮ «ПАДАЮЩАЯ ТРУБА»

Иногда падающая высокая труба разламывается на две части еще до удара о землю. Объясните и исследуйте это явление.

Прежде всего отметим, что подобные переломы высоких конструкций в воздухе действительно нередки, что подтверждается многократными документальными свидетельствами таких случаев. Для моделирования явления мы строили «трубы» из детских кубиков с разными размерами ребра, а затем снимали их падения на цифровую камеру. Покадровое воспроизведение позволило провести детальный анализ перелома.



Как показал эксперимент, для произвольной трубы не существует «универсальной» определенной точки или угла с вертикалью, при котором происходит надлом. Вследствие этого наша команда поставила перед собой следующие вопросы, на которые в ближайшие несколько минут мы и попытаемся ответить:

Почему труба ломается, какие силы на нее действуют?

Как найти высоту точки перелома? (Точнее, где вероятнее всего это может произойти?)

При каком угле между трубой и вертикалью это случается?

Будем считать трубу однородным жестким стержнем массой m и высотой H , падающим без учета силы сопротивления со стороны воздуха. Отклонение стержня от вертикали будем характеризовать углом θ . Введем систему координат, связанную с осями, направленными по трубе (ось OY) и перпендикулярно ей (ось OX). На трубу в целом в процессе падения действуют:

сила тяжести, приложенная к центру масс стержня;

сила реакции опоры;

сила трения покоя, приложенная в точке опоры трубы.

Момент инерции трубы относительно оси, проходящей через точку при падении:

$$J = \frac{1}{3} mH^2.$$

Записав основной закон динамики вращательного движения и учитывая, что моменты сил трения и реакции равны нулю, найдем угловое ускорение трубы в процессе падения:

$$M = J\beta,$$

$$\beta = \frac{M}{J} = \frac{3}{2} \frac{g}{H} \sin \theta.$$

С помощью закона сохранения механической энергии, считая, что труба начала двигаться из вертикального положения, найдем квадрат угловой скорости вращения трубы ω :

$$\begin{aligned} mg \frac{H}{2} &= mg \frac{H}{2} \cos \theta + \frac{J\omega^2}{2}, \\ \omega^2 &= \frac{mgH(1 - \cos \theta)}{J}, \\ \omega^2 &= \frac{3g(1 - \cos \theta)}{H}. \end{aligned} \tag{1}$$

Далее рассмотрим произвольную точку A на расстоянии r от основания трубы. Разложим ускорение этой точки на составляющие, одна из которых перпендикулярна, а вторая параллельна трубе:

$$\vec{a} = -\vec{a}_y + \vec{a}_x,$$

$$a = -r\omega^2 + r\beta.$$

Используя (1), найдем значение ускорения точки A трубы:

$$a = \frac{3gr(1 - \cos \theta)}{H} + \frac{3rg \sin \theta}{2H}.$$

Несложно заметить, что при значении $r = 2/3 \cdot H$ тангенциальное ускорение равно $g \sin \theta$, а это значит, что все точки, находящиеся дальше этой точки A , движутся с ускорением, большим g . Соответственно, точки трубы, находящиеся на меньшем расстоянии, движутся с ускорением, меньшим g . (Имеется в виду вертикальная проекция ускорения.) Возникает резонный вопрос: а какие силы «заставляют» некоторые точки трубы двигаться со «сверхсвободным» ускорением? Описанная ситуация возможна только в том случае, если внутри

стержня при падении возникают значительные внутренние напряжения, приводящие к разлому трубы еще до падения на землю.

Запишем второй закон Ньютона для всей трубы, введя силу \vec{F} , действующую на нее в точке опоры:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}. \quad (2)$$

Спроецируем (2) на выбранные оси:

$$-ma_y = F_y - mg \cos \theta,$$

$$ma_x = -F_x + mg \sin \theta.$$

Подставив известные значения, найдем соответствующие проекции силы F :

$$F_y = \frac{5}{2}mg \left(\cos \theta - \frac{3}{5} \right),$$

$$F_x = \frac{1}{4}mg \sin \theta.$$

Перейдем от изучения внешних сил к силам, которые появляются внутри падающей трубы. Рассмотрим, что происходит на высоте r . Сила тяжести нижней части равна $mg \frac{r}{H}$, а сила F , так как труба еще цела, остается прежней, но уже есть силы, действующие на низ трубы благодаря верхней части. Это, конечно, силы деформации сдвига S (перпендикулярно трубе) и осевое усилие L (сжатие или растяжение). Также необходимо учитывать изгибающий момент N .

Чтобы найти неизвестные силы, мы запишем векторное выражение второго закона Ньютона

$$m \frac{r}{H} \vec{a} = m \frac{r}{H} \vec{g} + \vec{F} + \vec{L} + \vec{S}$$

и, проецируя его на разные оси, найдем значения неизвестных сил:

$$L = -\frac{1}{2}mg \left(1 - \frac{r}{H} \right) \left(\left(5 + 3 \frac{r}{H} \right) \cos \theta - 3 \left(1 + \frac{r}{H} \right) \right), \quad (3)$$

$$S = \frac{3}{4}mg \sin \theta \left(\frac{r^2}{H^2} - \frac{4r}{3H} + \frac{1}{3} \right).$$

Как видно, силы L , S зависят от соотношения r/H , угла отклонения θ и, конечно же, от массы трубы.

Чтобы не привязываться к размерам конкретной системы, мы построили

график зависимости безразмерной величины $L/m \cdot g$ от доли высоты r/H для некоторых значений углов (рис. 1). Очевидно, что положительные значения представляют собой растяжение, тогда как отрицательные — сжатие. Заметим, что

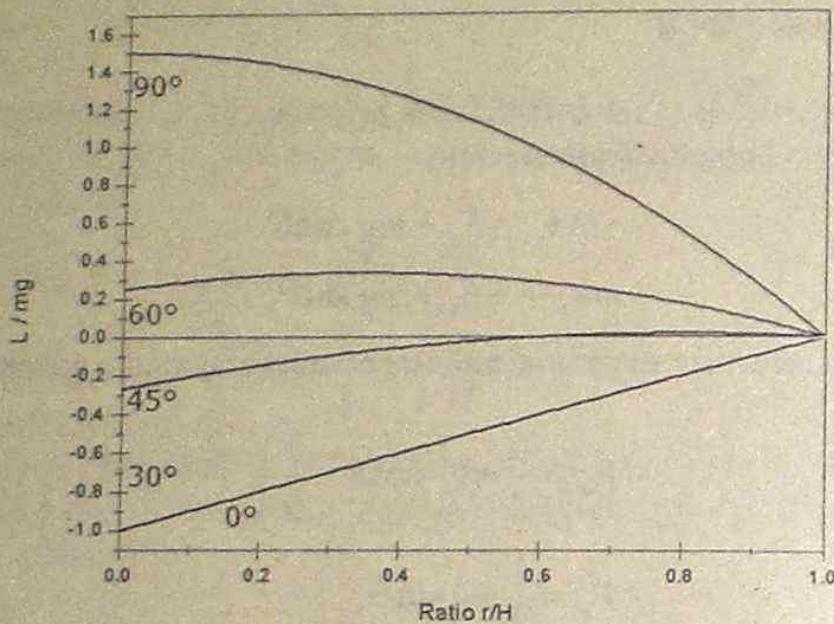


Рис. 1.

сжатие точек трубы более характерно для углов $\theta \leq 45^\circ$.

Для дальнейшего анализа формул (3) мы построили график зависимости $S/m \cdot g$ от того же отношения r/H (рис. 2), так как сила S может быть следующей причиной перелома трубы.

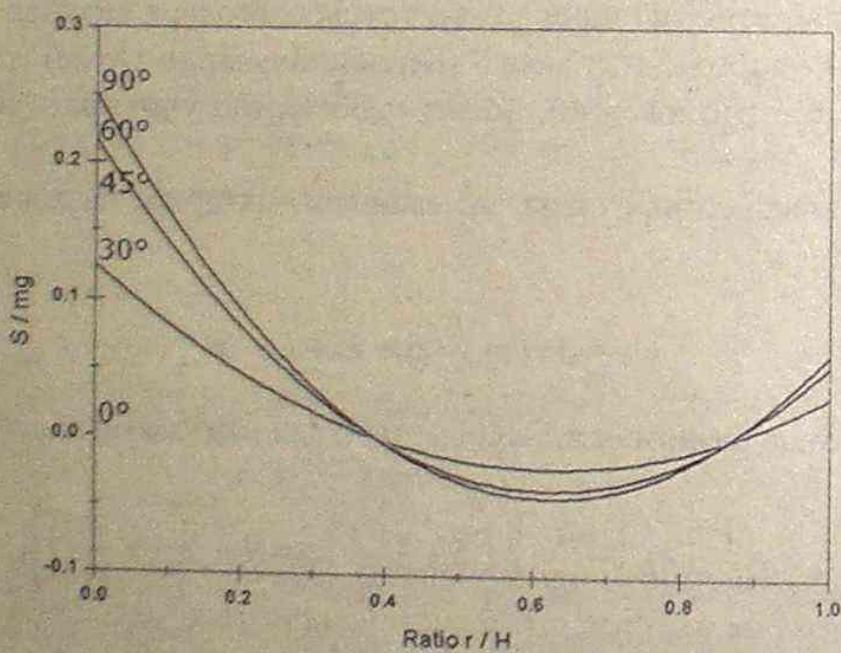


Рис. 2.

Анализируя график, видим, что численное значение имеет абсолютный максимум при $r/H=0$, а это означает, что самые большие силы деформации будут действовать около основания трубы. Интересно также, что практически для любых углов на высоте $1/3 \cdot H$ сила S будет обращаться в нуль. Заметим также,

что существует относительный минимум в точке $2/3 \cdot H$, однако он существенно меньше первого.

Подсчитаем теперь изгибающий момент N , воспользовавшись основным уравнением динамики вращательного движения $J\beta = M$, где

$J(r) = \frac{1}{3} \left(m \frac{r}{H} \right) r^2$, а общий момент равен $M = \frac{r}{2} m \frac{r}{H} g + rS + N$. После подстановки, находим:

$$N = -\frac{1}{4} mg \sin \theta H \left(\frac{r^3}{H^3} - 2 \frac{r^2}{H^2} + \frac{r}{H} \right). \quad (4)$$

С помощью (4) построим график зависимости безразмерной величины $N/(mgh)$ от параметра r/H (рис. 3). Как видно из графика, изгибающий момент всегда отрицателен, т. е. он «направлен» от переднего края трубы к заднему. Следовательно, в подобной ситуации на переднем крае трубы будет создавать-

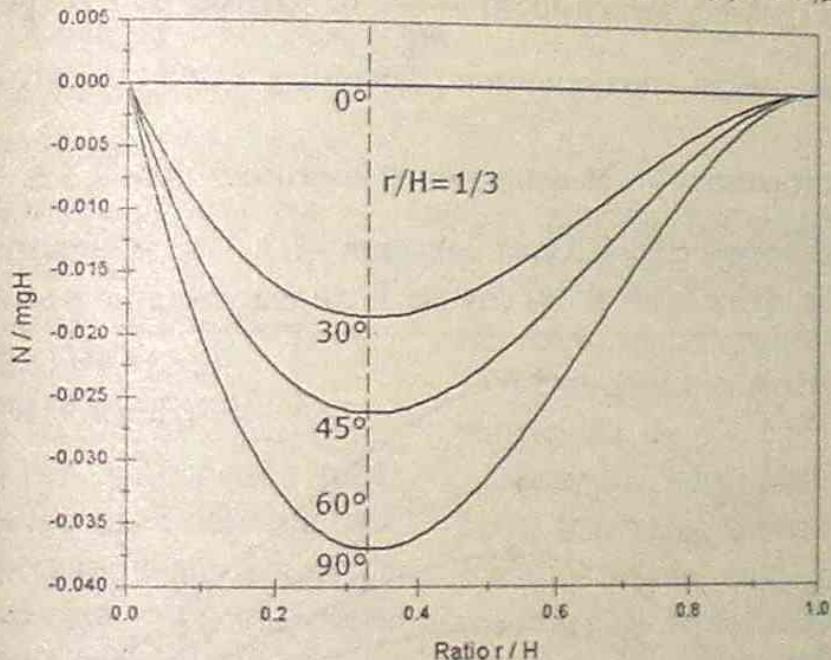


Рис. 3.

ся растяжение, а на заднем — сжатие. Это как раз и объясняет факт «направления» наблюдаемого излома трубы.

Проанализировав зависимость безразмерной величины $N/(mgh)$ от высоты рассматриваемой точки, найдем, что (3) имеет максимум (по модулю) при $r/H = 1/3$, т. е. при действии лишь момента N труба ломалась бы на высоте $1/3 \cdot H$. Однако нельзя забывать о том, что в системе присутствует «комбинированное» действие сил сжатия (растяжения) и изгибающего момента.

Для учета одновременного действия всех факторов подсчитаем суммарное напряжение в поперечном сечении «квадратной» трубы на некоторой высоте r :

$$\sigma_{L/T} = \frac{L}{b^2} \mp \frac{6N}{b^3}. \quad (5)$$

Знак «+» в (5) показывает напряжение на переднем крае сечения, а знак «-»

6|2 ОЛИМПИАДА

— на заднем.

Подставив в выражение (5) известные величины, найдем:

$$\frac{\sigma b^2}{mg} = -\frac{1}{2} \left(1 - \frac{r}{H}\right) \left(\left[5 + 3 \frac{r}{H}\right] \cos \theta - 3 \left[1 + \frac{r}{H}\right] \right) \pm \frac{3}{2} \frac{H}{b} \sin \theta \left(\left[\frac{r}{H}\right]^3 - 2 \left[\frac{r}{H}\right]^2 + \frac{r}{H} \right). \quad (6)$$

Поскольку поведение моделей из кубиков адекватно описывает падение реальных труб, то мы считали, что все уравнения, используемые в описании кубиков, могут с незначительными допущениями подойти и к другим случаям. Далее будем рассматривать сечение трубы как квадрат со стороной b , тогда как для других форм сечения можно использовать $b = \sqrt{S}$.

Заметим, что значение второго слагаемого в (6) зависит от H/b , где b — ребро куба. Для реальных труб это значение примерно равно 10. У наших моделей, согласно экспериментальным данным, оно было в пределах от 13 до 21. Однако,

как следует из графика зависимости $\frac{\sigma b^2}{mg}$ от параметра r/H (рис. 4), соответствующие зависимости «похожи» при различных значениях этой переменной.

Максимумов для разных углов напряжение достигает при $0,3 \leq \frac{r}{H} \leq 0,5$, причем для малых углов — 0,4–0,5, для больших ~1/3. Таким образом, разрушение трубы в воздухе происходит в том случае, если напряжение в максимуме выра-

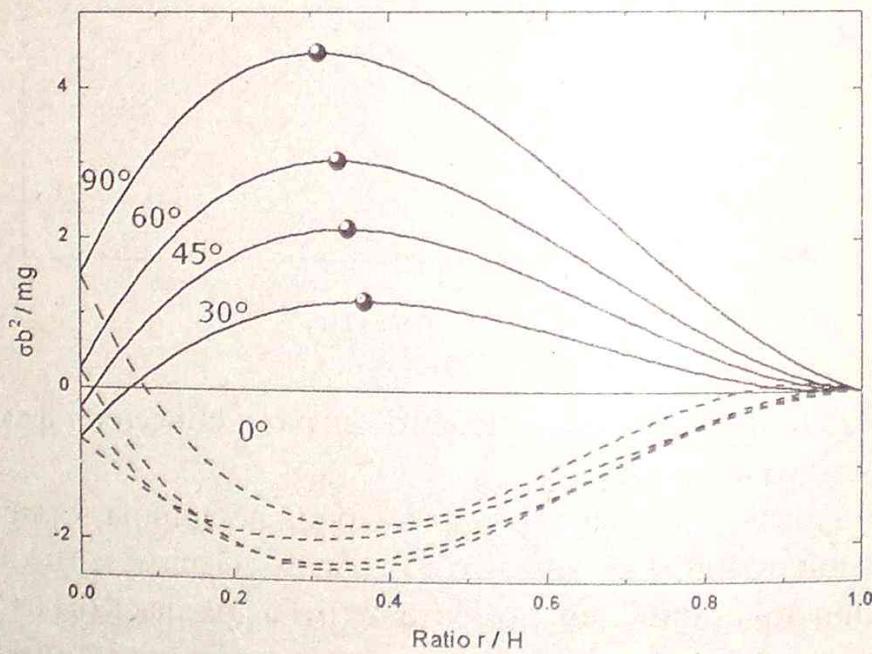


Рис. 4.

жения (6) достигает соответствующего предела прочности материала трубы.

Подчеркнем, что угол θ при разломе можно достаточно просто определить по видеозаписи, так как, оторвавшись, верхняя часть трубы перестает участвовать во вращательном движении и двигается лишь под действием силы тяжести и, следовательно, не меняет своей ориентации в пространстве.

И. Н. Варакса, Л. Г. Маркович