

ФИЗИКА В ШКОЛЕ

ШЕСТОЙ ГОД ИЗДАНИЯ

ОРГАН МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР

Под редакцией члена-корресп. Акад. Пед. Наук
Проф. П. А. ЗНАМЕНСКОГО

При ближайшем участии: члена-корресп. Ак.
Пед. Наук Д. Д. Галанина (Москва) члена-кор-
респ. Акад. Наук СССР Г. П. Кравца (Ленин-
град), проф. М. Ю. Пиотровского (Ленинград),
проф. П. И. Попова (Москва) канд. пед. наук
Л. И. Резникова (Москва), канд. пед. наук
Д. И. Сахарова (Москва), проф. С. Э. Фриша
(Ленинград).

Заместитель редактора

Е. В. Савелова

Зав. редакцией С. С. Мошков

№ 2

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ПРОСВЕЩЕНИЯ РСФСР ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД. 1946

ЭКСПЕРИМЕНТ

ВРАЩАТЕЛЬНАЯ МАШИНА И ОПЫТЫ С НЕЮ

Ф. Н. Красиков

(Ленинград)

1. Электрифицированная вращательная машина изображена на рис. 1. Основанием прибора служит прочный чугунный треножник *AB* на двух уравнивательных винтах и одном штифте. На треножнике уста-

ном в платформу *EF*. Другой шарикоподшипник *J* служит подпятником для оси *G*. Ось сплошная, диаметром 15 мм. К верхнему концу оси с помощью винта *K* крепится дубовая доска *LM*, длиной около 1000 мм, шириной — 120 мм и тол-

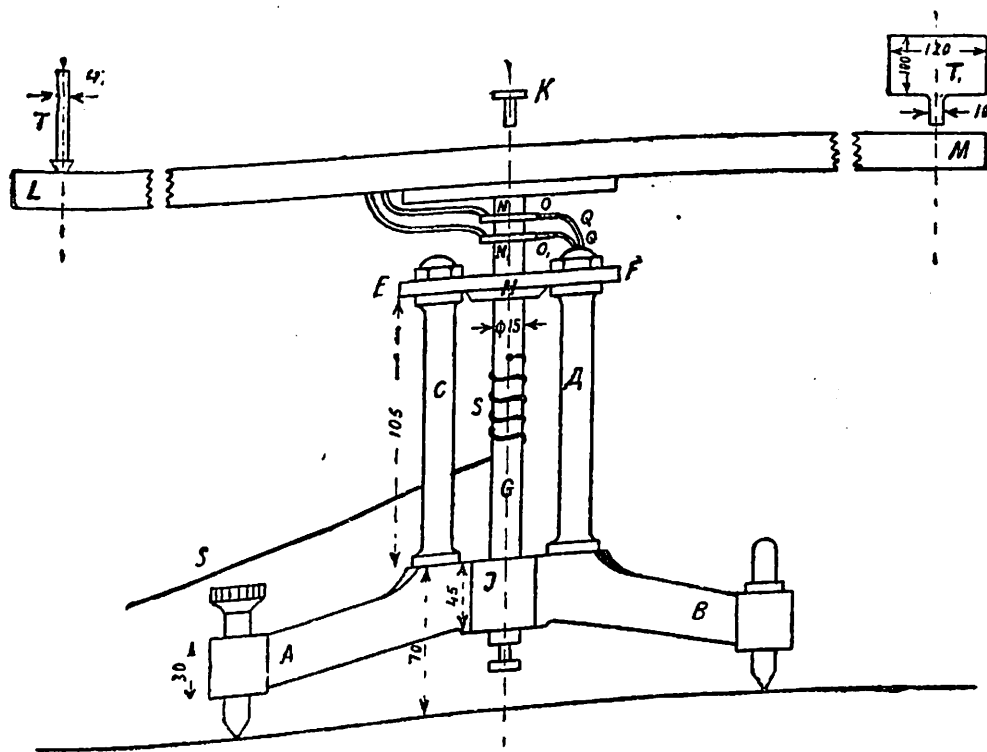


Рис. 1

новлены три металлических колонки (на рис. 1 видны две из них *C* и *D*), из которых одна *D* полая внутри. На колонках установлена металлическая платформа *EF* через которую проходит вертикальная металлическая ось *G*, врезанная в шарикоподшипнике *H*, врезан-

ной 25 мм. Винт *K* „топится“ в доске *LM* так, что оказывается с ней „под лицо“. Верхний конец оси, между нижней поверхностью доски *LM* и площадкой *EF*, несет два изолированных друг от друга металлических кольца *N* и *N₁*; кольца эти изолированы и от оси. На

площадке расположена стоечка из фибры (на рисунке она не показана), от которой наверху отходят к кольцам две металлические пластинки O и O_1 , играющие роль щеток. От колец идут провода P по нижней поверхности доски LM к клеммам (на рисунке они не показаны), вмонтированным в нижнюю сторону доски LM . Клеммы на верхней стороне

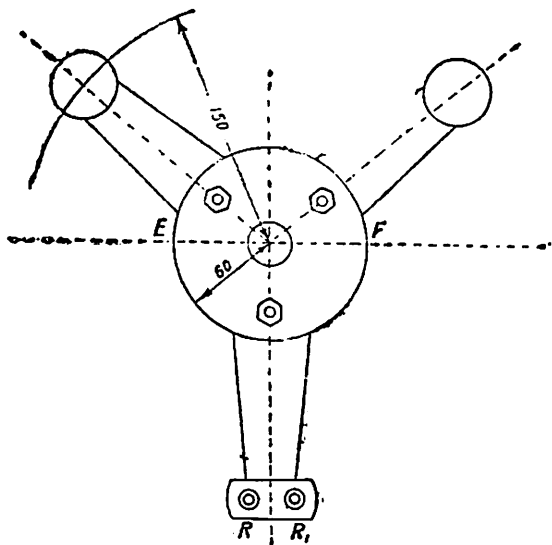


Рис. 2

доски заканчиваются штепсельными гнездами, вмонтированными в нее „под лицо“. От концов щеток, закрепленных на стоечке из фибры, идут провода Q и Q_1 внутри полой колонки D , под лапой треножника B и подходят к штепсельным гнездам R и R_1 (рис. 2), смонтированным на лапе треножника со штифтом. (Две остальных лапы с уравнительными винтами.) Таким образом, к доске LM может быть доставлен во время вращения постоянный или переменный ток, а это необходимо бывает при нескольких опытах, описанных далее в тексте. Ось приводится в равномерное вращение при помощи намотанного на нее шнурка S , если шнурок осторожно тянуть. Быстрого вращения от машины не требуется, она принадлежит к числу тихходных аппаратов. Движение доски LM можно, конечно, вызвать подталкиванием рукою, но это делать не годится, так как движение будет происходить толчками, неравномерно, а от машины требуется медленный и плавный ход.

Доска LM снабжена на концах круглыми сквозными прорезами (по одному на каждом конце), диаметром 10 мм,

для вставления опорных планшетонок T и T_1 ; высота каждой из них 100 мм, ширина 120 мм, толщина 4 мм. На эти планшетки опираются поставленные на концах машины различные приборы, далее описанные, и предохраняются от возможного сбрасывания при вращении. Сюда же, в эти прорезы, можно вставлять рукоятки щитов из фанеры размерами $400 \times 300 \times 4$ мм под разными углами к продольному направлению доски LM , это имеет значение при изучении сопротивления воздуха при помощи вращательной машины. Кроме того, на расстоянии 185 мм от оси вращения в доске LM прорезается еще одно отверстие диаметром 10 мм для крепления электрического вентилятора, о котором сказано дальше.

2. Необходимые и желательные принадлежности к машине. К числу необходимых принадлежностей относятся две опорные планшетки T и T_1 , которые своими штифтами вставляются в отверстие на концах доски LM . Необходимо иметь противовес. В качестве такового можно исполь-

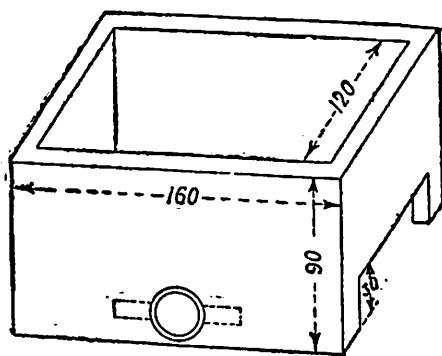


Рис. 3

зовать дробь или песок, насыпаемые в ящик, который может перемещаться вдоль доски LM и закрепляться при помощи винта. Ширина ящика соответствует ширине доски (рис. 3). Если массовый прибор ставить на один конец доски, то противовес помещается на другой — ближе к центру или подальше, чтобы ось была равномерно нагружена с обоих концов. О равновесии можно судить, придав оси слегка наклонное положение (например, подложив под один из винтов дощечку): если при этом доска приходит сама собой во вращение, то перетягивает прибор или противовес,

стремясь занять самое низкое из возможных положений. При равновесии же доска и при наклонном положении оси будет сохранять состояние безразличного равновесия. Добившись равновесия, можно вынуть дощечку из-под винта и привести ось опять к вертикальному положению. Кроме того, необходим щит из фанеры со штифтом, упомянутый выше (размер щита $400 \times 300 \times 4$ мм).

Наконец, очень желателен крыльчатый электрический вентилятор, с мотором переменной силы, мощностью $1/10$ ло-

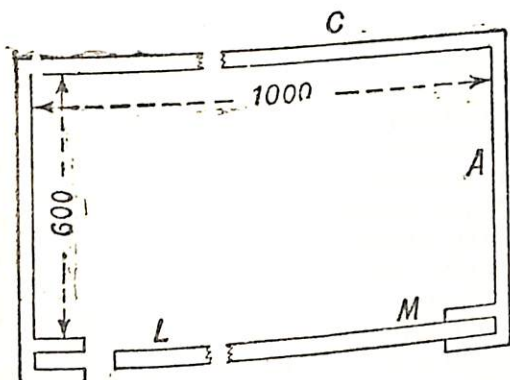


Рис. 4

шадиной силы, и при нем небольшой реостат, чтобы можно было сообщить мотору желаемую скорость вращения. Моторчик следует смонтировать на деревянной доске с металлическим штифтом диаметром 10 мм, с винтовой нарезкой и гайкой. Штифт пропускается через упомянутое выше отверстие в доске LM на расстоянии 185 мм от оси вращения и крепится гайкой. Для более солидного закрепления некоторых приборов необходимо иметь небольшую деревянную струбцинку.

Дополнение. Среди необходимых пособий при вращательной машине надо иметь разборную рамку (рис. 4). Здесь для наглядности рамка показана в разобранном виде. Правый стоек A укреплен на доске, а наверху выдвинут. Перекладина C . Левый стоек две параллельные деревянные планки, расстояние между которыми равняется толщине доски LM вращательной машины. В планках сделаны отверстия диаметром 10 мм; отверстия эти приходится как раз против отверстий, сделанных в доске LM . Когда рамка собрана, в отверстие пропускается деревянный болтик.

Различные опыты с вращательной машиной

1. Опыты с центробежной силой. Вращательная машина дополняет собой центробежную машину. Между ними то основное различие, что в центробежной машине действующие приборы насаживаются на самую ось вращения и ось приводится в очень быстрое вращение, во вращательной же машине приборы занимают положение периферическое, во всяком случае вне оси, и самой оси придается медленное вращение.

а) На доску LM (рис. 5) вращательной машины помещается доска AB , ширина которой равна ширине доски LM , и на которой укреплены стойки с маятниками (свинцовые шарики на нити) высотой 170 мм. Точка подвеса среднего маятника располагается как раз на оси вращения. Потянем медленно за шнурок S , намотанный на ось машины, и сообщим всей системе медленное и плавное движение вокруг оси. Маятники откло-

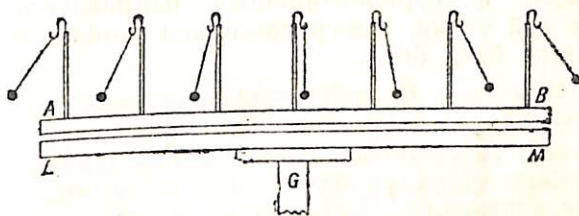


Рис. 5

няются тем сильнее, чем дальше отстоят от оси вращения (рис. 5). Направление нити указывает истинное направление вертикальной линии в данном месте. Вдоль этой линии происходит свободное падение тел. Если бы вместо стоек мы представили человеческие фигуры, то при вращении всей установки люди бессознательно приняли бы наклонное положение, как положение своего равновесия, как вертикальное положение. Направление, перпендикулярное к вертикальному, есть горизонтальное. Его принимает свободная поверхность жидкости. Это выяснится из следующих опытов.

б) В отверстия на конце доски LM укрепляется опорная планшетка T ; к планшетке приставляется прямоугольный стеклянный сосуд A ($120 \times 90 \times 90$ мм), наполненный до половины подкрашенной

водой.¹ По другую сторону оси помещается противовес *B*. При медленном вращении уровень воды делается наклонным (составляет часть параболоида враще-

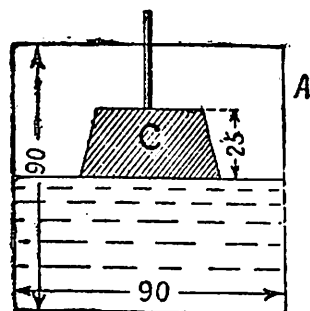


Рис. 6а

ния). Если положить на поверхность воды пробочный поплавок *C*, через центр которого пропущена перпендикулярная спица, то при повторении опыта чрезвычайно наглядно воспроизводится картина перпендикулярности вертикального и горизонтального направления в той точке, где расположен поплавок (рис. 6а и 6б).

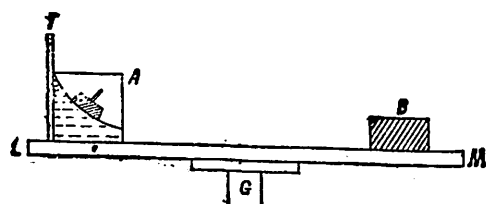


Рис. 6б

в) Этот же опыт полезно повторить в следующем видоизменении, взяв большой узкий сосуд и поместив его над осью вращения (рис. 7). Сосуд этот плоско-параллельный, узкий ($300 \times 200 \times 20$ мм). Дном своим он приклеен к доске *AB*, которая укрепляется на доске *LM* помощью струбцины, не изображенной на рисунке. При вращении вода поднимается по обе стороны оси вращения.

¹ Подкрашивать лучше всего флуоресценном. Небольшое количество порошка флуоресценна ($1/2$ — $1/4$ г) бросается в воду, к воде прибавляется нашатырного спирта, после чего порошок быстро растворяется. После опыта раствор флуоресценна сливается в особую бутылку. Чтобы раствор не зацвел (от колоний микроорганизмов), к нему прибавляют несколько капель формалина.

Если воды налито немного, то при некоторой скорости вращения дно посредине обнажается. Воду необходимо подкрасить.

г) Чтобы зафиксировать положение параболоидной линии поверхности жидкости, надо налить в сосуд (рис. 6) такую жидкость, которая имела бы свой-

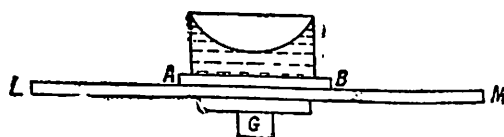


Рис. 7

ство быстро отвердевать. Лучше всего воспользоваться растворимым французским стеклом, разбавив его втрое или вчетверо водой. Если к раствору этому прилить разбавленной соляной кислоты, то через несколько минут (а иногда секунд) он затвердевает, превращаясь в студенистый гель. Предварительными опытами в пробирках можно установить количество кислоты, необходимое для застуднения данного количества французского стекла (его надо подкрасить, в данном случае — не флуоресценном, а, например, метиленовой синькой или фуксином). Смешав в большом стакане с носиком раствор французского стекла с кислотой, вливают смесь в сосуд и приводят машину в состояние равномерного вращения, пока жидкость не превратится в студень. Тогда можно простыми измерениями показать, что граница раздела студня и воздуха представляет собой параболу. Для этого опыта выгоднее взять сосуд поуже, чтобы расходовать меньше французского стекла и кислоты.

д) На конце доски *AB* укрепляется планшетка и к ней придвигается дощечка *AB* с укрепленным на ней уровнем (рис. 8). Этот уровень изготовлен из толстой (диаметром 18 мм), длинной (до 345 мм) и сильно изогнутой трубки, заткнутой с обоих концов и наполненной густым раствором флуоресценна так, чтобы остался крупный пузырек воздуха.¹ Концы трубки укрепляются на двух деревянных стоечках *C* и *C*₁, приклеенных

¹ Раствор флуоресценна оставляется внутри трубки. Чтобы не завелись колонии микроорганизмов, от которых жидкость мутнеет, надо к раствору прибавить несколько капель формалина.

к основанию прибора. При неподвижном состоянии прибора, когда основание горизонтально, пузырек воздуха естественно занимает положение посередине трубки и линия отвеса MN проходит вертикально через пузырек. Перед тем как привести прибор во вращение, следует спросить учащихся, как, по их мнению, будет реагировать пузырек с воздухом на вращение. Если учащимся хорошо разъяс-

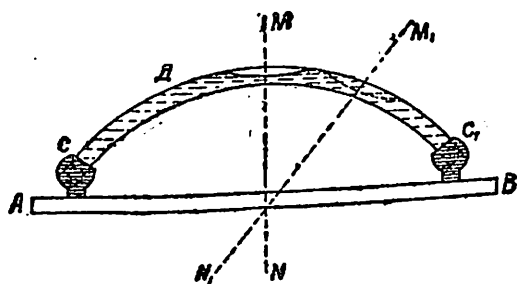


Рис. 8

нены опыты а) и б), то они сообразят, что при вращении линия отвеса для уровня MN займет наклонное положение M_1N_1 и сообразно с этим пузырек воздуха переместится ближе к центру вращения.

е) В отверстие доски LM вставляется штифт деревянной подставки, в которую вмонтирован стеклянный цилиндрический сосуд, диаметром 40 мм, высотой 230 мм, наполненный водой и закрытый пробкой (рис. 9). В склянке находится пробковый поплавок A , укрепленный на нитке. Над ним укреплен на нитке свинцовый шарик B , диаметром 15 мм. По другую сторону оси на доску LM помещается противовес. Опять, прежде чем привести машину во вращение, следует спросить учащихся, как, по их мнению, будут реагировать шарик и поплавок на вращение. Если они вспомнят об отвесной линии MN , проходящей через прибор при вращении, то сообразят, что пробка будет стараться всплыть

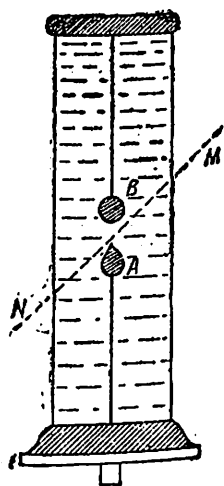


Рис. 9

наверх вдоль линии MN , а потому отклонится к центру, шарик же будет натягивать

нить вдоль отвеса и отклоняться в противоположную сторону от центра вращения. Опыт этот можно также сопоставить с известным опытом, где ртуть, вода и масло, заключенные в один сосуд, быстро вращаются на оси центробежной машины. Тело с большим удельным весом (ртуть) уходит дальше от оси вращения, тело с меньшим удельным весом (масло) располагается ближе к центру вращения.

ж) Переливание жидкости из одного сосуда в другой действием центробежной силы можно наблюдать на приборе, изображенном на рис. 10. К опорной планшете T , укрепленной на доске LM , подвигается доска AB , на концах которой приклеены два чайных стакана C и D . Один из стаканов, D , расположен как

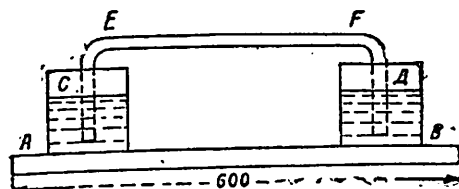


Рис. 10

раз над осью вращения. В оба стакана налита до половины подкрашенная вода. Стаканы соединены сифоном EF , наполненным водой. В неподвижном состоянии, когда доска LM горизонтальна, жидкость в обоих стаканах стоит на одном уровне (закон сообщающихся сосудов). Приводя машину во вращение, заметим, что под влиянием центробежной силы, развивающейся в сифоне EF , жидкость будет перетекать из сосуда D в сосуд C до тех пор, пока напряжение жидкостного столба, находящегося в радиальной трубке EF , не будет уравновешено разностью уровней сосудов D и C . Итак, мерой напряжения в EF служит разность уровней в D и C . Этот прибор может служить как бы моделью центробежного насоса.

з) На основе только что описанного прибора можно подойти к количественному определению центробежной силы. Ось машины устанавливается вертикально при помощи уравнивательных винтов. Затем на доску LM машины надевается составная рамка, описанная в вводной части настоящей статьи. К боковым стойкам рамы и к планке, установленной посередине рамы, прикрепляются толстые стеклянные трубки диаметром

15—20 мм, устанавливаемые вертикально по отвесу (рис. 11). Каждая из четырех трубок заткнута внизу пробкой с отверстиями и вставленными короткими стеклянными трубочками. Трубки *A* и *B*, *C* и *D* соединяются попарно каучуками *E* и *F* (или стеклянными трубочками) одинаковой длины. Трубки *B* и *C* укреплены на планке *G*.¹ В трубки *A* и *B* наливается (до половины высоты) раствор медного купороса, а в трубки *C* и *D* — денатурированный спирт. В соседних трубках *B* и *C*

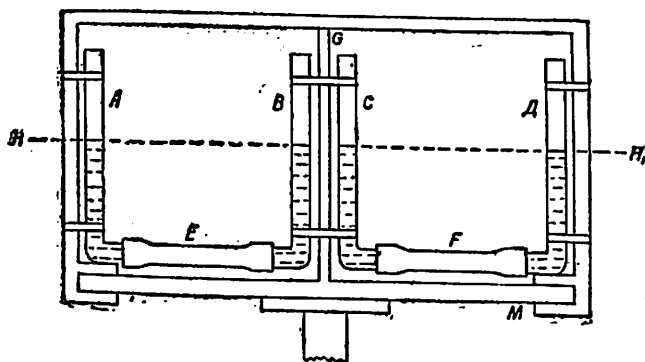


Рис. 11

спирт и раствор купороса стоят на одном уровне. Если привести машину во вращение, то в трубках *A* и *D* уровень жидкостей повысится, а в *B* и *C* понизится, но попрежнему в *B* и *C* жидкости будут стоять на одном уровне. Этот факт показывает, что при прочих равных условиях центробежная сила пропорциональна массе тела. В самом деле, при вращении возникает напряжение в соединительных трубках *E* и *F*, причем в трубке *E* напряжение во столько раз больше, чем в трубке *F*, во сколько раз плотность раствора купороса больше плотности спирта. Но зато при равенстве столбов *A* и *D*, *B* и *C* гидростатическое давление в *AB* также во столько же раз больше, чем в *DC*.

Продолжая опыт, покажем зависимость центробежной силы от угловой скорости. Начнем медленно вращать машину, считая число оборотов в минуту. На трубке *B* мы заранее можем наклеить бумажное кольцо и подогнать такое

число оборотов, чтобы жидкость в *B* спустилась как раз до метки, и тогда уже сосчитать число оборотов. Предположим, что кольцо находится ниже середины (равновесного положения) на 1 см. Следовательно, в другой трубке *A* жидкость стоит выше середины на 1 см, а разница уровней равна 2 см. Такая разница столбов уравнивает центробежное напряжение в соединительной трубке *E*. Теперь наклеим второе кольцо на 4 см ниже середины. „Разогнав“ машину энергичным сматыванием шнура, ослабляем его, дав машине придти в равномерное вращение. Легким натяжением шнура регулируем ход машины, пока жидкость в трубке *B* не опустится на 4 см. Следовательно, разность уровней будет теперь в 4 раза больше, чем в первом случае. Это показывает, что центробежное напряжение жидкости в *E* возросло в 4 раза. Число же оборотов увеличилось лишь в 2 раза.

Итак, центробежная сила при прочих равных условиях возрастает пропорционально квадрату угловой скорости.

и) Второй вариант количественного определения центробежной силы. Для опыта нужен каток *A* (рис. 12), весом примерно в 200—300 г, и небольшой динамометр. На борт доски наклеивается (с той и с другой стороны) метка *E*. Каток *A* натягивается в правую сторону шнурками и пружиной *B* (под которую подложена дощечка, во избежание провисания). С левой стороны каток зацепляется динамометром и оттягивается до метки *E* с таким расчетом, чтобы динамометр показывал натяжение в 100 г. Если при этом динамометр *C* показывает другое число — поворачивать колок *D* (наматывая на него шнур, идущий от пружины *B* или, наоборот, сматывая), пока динамометр не покажет требуемое число (динамометр при этом держать в руках). Колок *D* вставляется в одно из отверстий доски *LM* машины. Теперь снимают динамометр прочь. Пружина *B* укорачивается, и каток переходит в положение *A*, указанное пунктиром. Приведем теперь ось машины в равномерное движение тем же приемом, что и в предыдущем опыте, и, постепенно регулируя скорость, добьемся того, чтобы каток *A* отошел к метке *E* (что легко проследить). Мы знаем, что теперь ка-

¹ Планку *G* можно также укрепить вертикально, стягивая ее внизу шнурками, привязанными к стойкам *H* и *H*₁.

ток натянут силой 100 Г. Сосчитаем число оборотов в минуту. Остановив машину, опять прикрепим динамометр к катушке и оттянем его до метки *E* силой в 400 Г (для него придется часть шнура накрутить на колок *D*). Затем снимем динамометр и приведем машину во вращение, чтобы каток отодвинулся дей-

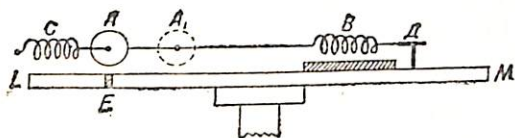


Рис. 12

ствием центробежной силы до метки *E* (следовательно, теперь центробежная сила равна 400 Г, т. е. в 4 раза больше). Между тем, число оборотов в минуту увеличилось лишь вдвое. Если, продолжая опыт, мы установим каток *A* под меткой *E* натяжением в 900 Г, то, чтобы заставить его отодвинуться до метки действием центробежной силы, придется число оборотов в минуту утроить по сравнению с исходным числом.

2. Относительное движение и сложение скоростей. а) Свободно падающее тело сохраняет во время падения сообщенную ему боковую скорость. На одном конце доски укрепляется щит *A*, на верш которого укреп-

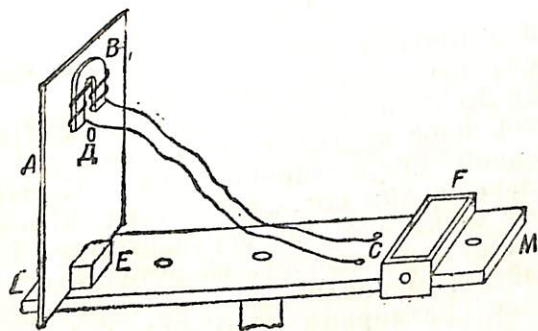


Рис. 13

ляется электромагнит *B*, к которому протянуты проводники от штепселя *C* (рис. 13). Вводя в машину ток, мы можем удерживать внизу электромагнита железную гайку или шарик *D*.¹ Под ним

¹ Для опыта понадобится аккумулятор и ключ для замыкания и размыкания цепи.

стоит поддонник *E* с сырым песком. Все уравновешено противовесом *F*. При неподвижном состоянии прибора, если мы разомкнем цепь тока, шарик *D* падает в поддонник *E*, оставляя на нем след своего падения в виде ямки. Снова прикладываем шарик к электромагниту, замыкая цепь, и приводим доску в плавное и медленное вращение. Под конец перестаем тянуть за шнурок и предоставляем доске вращаться по инерции и в этот момент разрываем цепь. Шарик все-таки упадет в поддонник *E* и лишь слегка отклонится в направлении радиуса.¹

б) Вариант предыдущего опыта. На доску *LM* машины кладется дощечка *AB* (и укрепляется струбцинкой). На конце дощечки *AB* приклеен в наклонном положении газоприемный цилиндр *C* (высотой в 25 — 30 см), запертый наверху пробкой, в которой сделаны два отверстия. Через центральное отверстие пропущена трубка воронки *D*, конец которой оттянут. В *D* наливаются подкрашенная вода. При неподвижном состоянии прибора вода стекает вниз по стенке цилиндра (рис. 14). Но при вращении можно сообщить машине такое число оборотов, что струя будет падать посередине вдоль цилиндра: во время падения струя не отстает от движения цилиндра.

в) На доске помещается наклонная площадка *A* (рис. 15). На верш площадки электромагнит *B*, придерживающий шарик. При неподвижном состоянии прибора, если мы прервем цепь тока в обмотке электромагнита, шарик скатится по линии *CD*. Если же прервать ток при медленном вращении оси, шарик скатится по линии *CE*, перемещаясь в сторону движения.

(Сравните отклонение падающих тел к востоку, вернее — к юговостоку.)

г) На доску вращательной машины устанавливается специальная рама *AB* (рис. 16). В верхней перекладине сделано отверстие, сквозь которое продето горло бутылки *C* с отрезанным дном. Бутылка внизу закупорена пробкой с тройником, от которого отходят в сторону каучуки *D* и *E*, прикрепленные к боковым стойкам или к горизонтальной верхней перекладине рамы. Ка-

¹ Боковые скорости шарика *D* и поддоннике *E* в момент отрыва шарика одинаковы, но шарик движется по касательной в точке отрыва, а поддонник — по дуге окружности.

учуки оканчиваются изогнутыми стеклянными трубочками *F* и *G*. Если налить в склянку *C* воды, то из *F* и *G* потекут струи в поставленный сосуд *H*. Можно так повернуть трубку *F* и *G*, что струи скрестятся. Но если привести машину в медленное круговое движение, струи расходятся, как это следует из

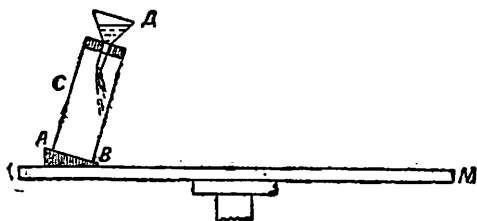


Рис. 14

закона сложения скоростей: каждая струя отклоняется в направлении движения доски *AB*. Можно устроить так, что струи будут бить от центра к периферии: для этого снимают каучуки *D* и *E* с тройника и подставляют два сосуда у оконечностей рамки. И в этом случае будет наблюдаться отклонение струй, но в противоположном направлении. Этот опыт можно приложить к объяснению отклонения пассатных ветров и морских течений действием вращения

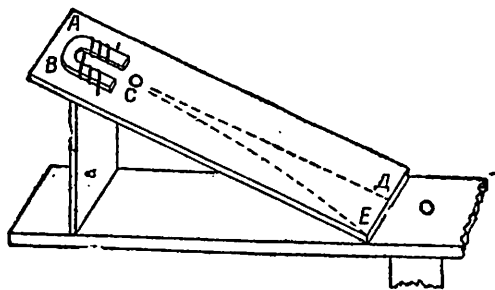


Рис. 15

земли вокруг оси. Если представить, что ось прибора — полюс земли, а трубки *F* и *G* находятся в экваториальной области, то струи, вытекающие из *F* и *G* по направлению к полюсу, на самом деле отклоняются в сторону вращения.¹ д) Интересное сложение движений можно наблюдать на таком опыте. На конце доски вращательной машины укрепляется вертикально стеклянная пластинка, монтированная на деревянной подстав-

¹ Если при опыте г) случится облить доску или основание вращательной машины, нужно тотчас же вытереть доску смоченное место.

ке с шипом, входящим в отверстие доски. Над стеклом помещается на штативе лейка (жестянка, дно которой проколото изнутри множеством мелких отверстий). Под лейкой ниже доски вращательной машины помещается чашка. При неподвижном положении стекла на нем остаются вертикальные следы от падающих струй. Если же быстро продвинуть под струей конец доски с пластинкой, струи на стекле расположатся в диагональном направлении.

Этот опыт можно привлечь для наглядного объяснения aberrации света. 3. Сопротивление воздуха, трение и другие опыты. Так как ось машины покоится на шариковых подшипниках, то трение — минимальное, и машину легко привести в движение небольшой силой (например, тянуть тов-

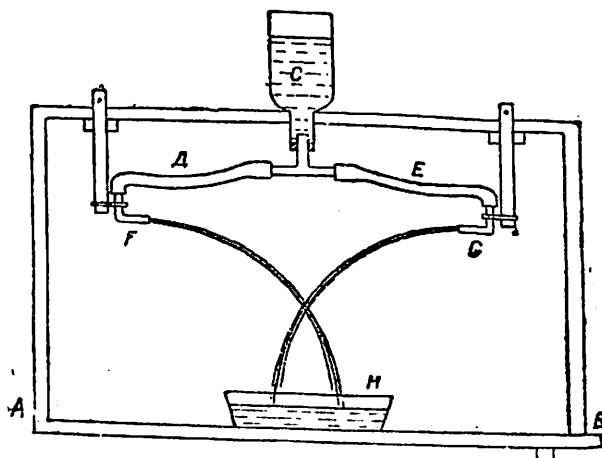


Рис. 16

кой ниточкой) даже в том случае, если доска значительно нагружена.

а) Доску легко привести в равномерно ускоренное круговое движение незначительной пропеллерной тягой. С этой целью можно воспользоваться небольшим электрическим вентилятором. Его следует смонтировать на металлических стойках, укрепленных на деревянной доске размерами $140 \times 115 \times 15$ мм с шипом (для вставки в отверстие доски машины) с фиксирующим винтом (рис. 17). Лопасти пропеллера располагаются прочь от подставки. Вставив вилку мотора в штепсельные гнезда на доске машины и замкнув цепь, приведем пропеллер в быстрое вращение, все уско-ряющееся. Если на другом конце доски машины укрепить щит, упомянутый выше, то доска будет двигаться с сопротивлением и перейдет в равномер-

ное движение. Поворачивая щит под разными углами вокруг вертикальной оси, мы добьемся различных угловых скоростей (рис. 18) (на этом рисунке *A* — вентилятор, *B* — противовес, *C* — щит).

б) Величину пропеллерной тяги, зависимость ее от числа оборотов, можно изучать, задерживая вращение доски достаточно чувствительным пружинным динамометром. Действие воздушного по-

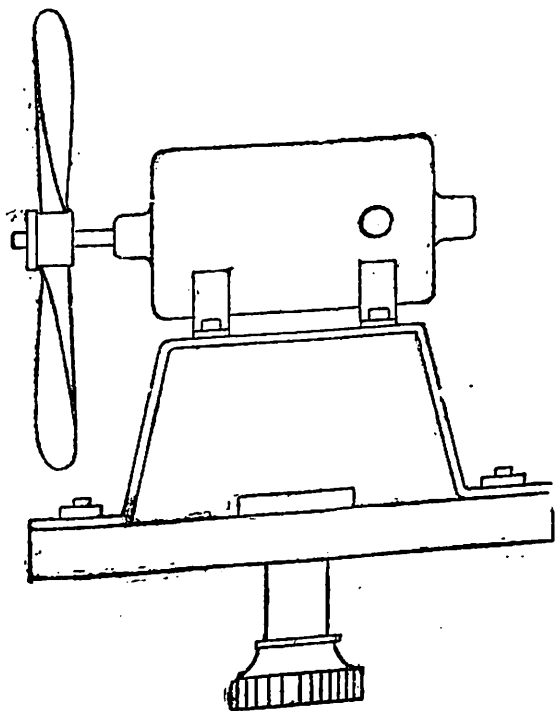


Рис. 17

тока на наклонную плоскость под разными углами можно изучать, если в центре доски поставить электрический крыльчатый вентилятор *B*, как показано на рис. 19 (*C* — противовес). Он возбуждает струю ветра, направленную вдоль доски на поставленный под углом щит *A*. Доска приходит во вращение. Чтобы доску задержать, надо приложить к ней силу (пружинный динамометр). Величина тяги будет зависеть от угла, под которым щит *A* находится к потоку воздуха.

в) Принцип Магнуса можно продемонстрировать, расположив на конце доски легкий вращающийся барабан *A* (рис. 20) и направляя на него из центра струю воздуха от электрического вентилятора. На конце доски ставится подставка *C* с рамкой, штифтом и винтом, внутри которой монтирован легкий цилиндр *A*,

(каркас из дерева, обтянутый тонкой фанерой), вращающийся с малым трением (рис. 20). Вращение можно осуществить и другими путями: или намотать на шкив *D* шнурок и дернуть; тогда цилиндр *A* довольно долго вращается. Или

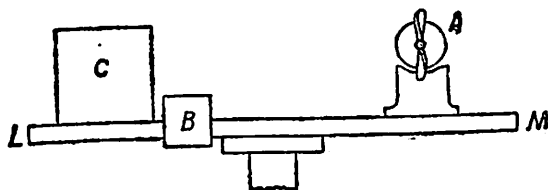


Рис. 18

же вращать цилиндр *A* отдельным маленьким мотором. Или же передать вращение от самого вентилятора, насадив сзади на его выступающую ось шкив и передав от него движение при помощи двух блочков, насаженных на ось, установленную на подставку вентилятора, и резинового шнура на шкив *D* и

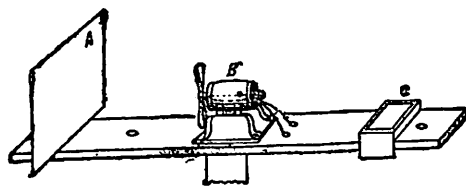


Рис. 19

цилиндру *A*. Смотря по тому, в какую сторону вращается цилиндр, машина будет вращаться или по часовой стрелке или против часовой стрелки, согласно принципу Магнуса.

Укажем, в заключение, на возможность производить на вращательной машине некоторые стробоскопические опыты в

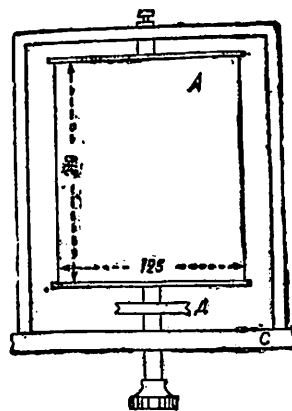


Рис. 20

демонстрации. Так, втыкая колок в одно из отверстий доски, можно к этому колку прикрепить в вертикальном положении гейслеровскую трубку. Снаружи установить спираль Румкорфа, аккумулятор и через машину пускать переменный ток в гейслеровскую трубку. Если в темноте привести машину во вращение, то возникнет множество изображений трубки — след мгновенного воздействия на глаз и сохранение впечат-

ления.

Можно на доску машины поместить большой диск из фанеры, диаметр которого равен длине доски, и поместить на диск большой цилиндрический стробоскоп с многочисленными щелями.

Смотреть могут сразу несколько человек.

Прибор сконструирован в экспериментальных мастерских Ленинградского института усовершенствования учителей.