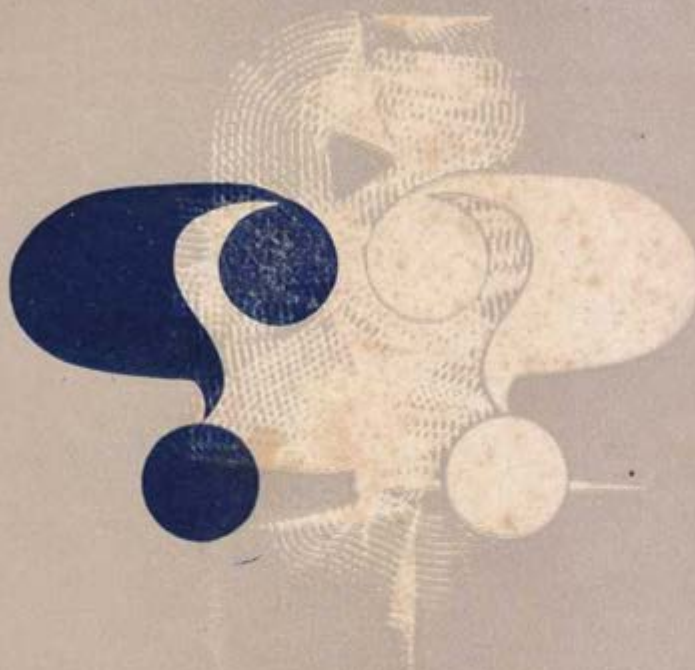


НОВОЕ
В ЖИЗНИ, НАУКЕ,
ТЕХНИКЕ

ЗНАНИЕ



6/1972
СЕРИЯ
ФИЗИКА

академик
П. Л. Капица
ФИЗИЧЕСКИЕ
ЗАДАЧИ

академик П. Л. Капица

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Издательство «ЗНАНИЕ»
Москва 1972

Капица Пётр Леонидович

К20 Физические задачи. М., «Знание», 1972.

48 стр. («Новое в жизни, науке и технике», Серия «Физика»)

В брошюре помещены физические задачи, составленные академиком П. Л. Капицей, и его три статьи, посвящённые вопросам воспитания молодых физиков: «Творческое воспитание молодёжи», «Резерфорд и молодые исследователи» и «Слово к юбилею института». В основе этих трёх статей лежат выступления П. Л. Капицы, охватывающие период времени с 1968 по 1971 г.

Брошюра представляет интерес для физиков — студентов и преподавателей, молодых учёных, работников просвещения и лиц, занимающихся самообразованием в области точных наук и естествознания.

К читателям

Все задачи этого сборника составлены академиком Петром Леонидовичем Капицей — директором Института физических проблем АН СССР. Они предназначались для студентов и аспирантов Московского физико-технического института, но получили популярность в гораздо более широком кругу молодых физиков. Некоторые задачи уже ранее публиковались и перед включением в сборник в необходимых случаях лишь подверглись более тщательной редакции. Часть задач публикуется впервые. Приводятся примеры решения задач П. Л. Капицы, причем эти решения могут быть правильными, но не обязательно однозначными. Интересно, что до сих пор на имя П. Л. Капицы приходят из разных городов Советского Союза решения задач, опубликованных в прежние годы. Иногда присылаемые решения похожи на обширные научные статьи.

В сборнике читатели найдут также три статьи П. Л. Капицы, относящиеся к проблеме воспитания молодых физиков.

Физические задачи

1. Астрономические наблюдения показывают, что на планете Венера полная облачность, так что «жители Венеры» лишены возможности наблюдать небесные светила. Опишите, каким методом «жители Венеры» могли бы точно измерить длину своих суток.

2. Тунгусский метеорит ударился о Землю на широте 60° , и вся его энергия обратилась в тепло, так что он испарился. Принимая, что вес метеорита был 10 000 т и его скорость составляла 50 км/сек., подсчитать, какое предельное влияние этот удар мог оказать на период обращения Земли вокруг её оси. Можно ли обнаружить это изменение вращения современными часами?

3. По какой траектории должен лететь современный самолёт, для того чтобы можно было воспроизвести невесомость? Как долго можно воспроизводить невесомость?

4. Определите предел точности измерения интервала времени катодным осциллографом.

5. В древности применяли водяной насос, работающий по следующему принципу: труба, согнутая по винтовой линии, вращается около центральной оси, наклонённой под углом α к поверхности воды. Нижний конец трубы находится в воде. Вода поднимается на высоту h . Найти оптимальное значение угла α , производительность и к.п.д. насоса.

6. Нейтроны легко проходят через блок свинца, но задерживаются в таком же объёме парафина, воды или другого соединения, в состав которого входят атомы водорода. Чем это объяснить?

7. У автомобиля, участвующего в гонке, лопаётся шина. С какой скоростью должен ехать автомобиль, чтобы шина не сминалась?

8. Во сколько раз можно увеличить высоту прыжка акробата однократным применением трамплина?

9. Объясните, почему для данного размера лука существует определённый размер стрелы, при котором будет наибольшая дальность полёта?

Оцените этот размер для лука данной конфигурации.

10. Эквилибрист весом P стоит на шаре радиусом R и массой M . Шар находится на горизонтальной плоскости и катится по ней без скольжения. Проанализируйте, как должен эквилибрист переступать по шару, чтобы катиться, и как связан коэффициент трения подошв эквилибриста с ускорением качения.

11. С какой скоростью должен лететь теннисный мяч, чтобы он разбил стекло?

12. Шарик, брошенный на твёрдую поверхность, отскакивает от неё. Оценить, как зависит высота отскока от вязкости твёрдого тела.

13. Оценить время соударения футбольного мяча со стенкой.

14. Стальной шарик с высоты $h = 10$ см падает на наклонную плоскость с углом $\alpha = 10^\circ$, упруго отскакивает и снова падает и т. д. Опишите, как будет развиваться это движение, приняв, что длина наклонной плоскости не ограничена, и процесс удара происходит без потерь.

15. Объясните, почему человек может бежать по очень тонкому льду и не может стоять на нём, не проваливаясь?

16. Оцените порядок скорости, с которой человек должен бежать по воде, чтобы не тонуть.

17. Космический корабль летит от Земли к Марсу. Половина поверхности корабля зачернена и полностью поглощает излучение от Солнца, другая половина — полированная, металлическая, полностью отражает излучение от Солнца. Изучить, как будет влиять световое давление на поступательное и вращательное движение корабля. Количественно оценить величину эффекта для корабля-шара массой 5 т и диаметром 300 см.

18. На дне стакана, стоящего на весах, сидит муха. Муха взлетает. В какой момент весы начнут чувствовать, что муха улетела?

19. Определить искажение поверхности жидкости, производимое силой тяготения шара. Разобрать возможность экспериментального наблюдения этого эффекта для определения постоянной тяготения.

20. Определить минимальный размер предмета, который можно ещё различить на фотографии, сделанной со спутника, летящего на высоте 300 км.

21. Космонавту, находящемуся в состоянии невесомости, необходимо вырыть яму. Как он может это сделать?

22. По какой траектории полетит пуля, выпущенная из спутника вперёд (назад, в сторону)?

23. Каким образом космонавт сможет вернуться на корабль, если трос, соединяющий его с кораблем, случайно оборвётся?

24. Как изменить направление полёта спутника на 2° ? Вес спутника 100 кг, радиус орбиты 400 км. Опишите принципиально возможные способы, с помощью которых можно осуществить этот манёвр.

25. Когда Земля движется по своей эллиптической орбите, скорость её всё время возрастает или убывает. Возможно ли измерить соответствующее ускорение при помощи уровня с жидкостью?

26. Подсчитайте, насколько изменится температура Земли, если на неё упадёт Луна. Принять теплоёмкость Луны и Земли равной $1 \text{ кал/см}^3 \cdot \text{град}$.

27. Опишите искажения земной орбиты, производимые давлением солнечного света. Оцените эти величины.

28. Каким путём закон, связывающий длину маятника и период колебаний, может быть получен без вычислений?

29. Укажите, какие, по вашему мнению, наиболее простые и точные экспериментальные методы возможны для того, чтобы по известным физическим постоянным и располагая в качестве эталона длиной (метр) можно было бы воспроизвести единицу времени (секунду), не пользуясь при этом астрономическими наблюдениями и постоянной ускорения силы тяжести (как если бы опыт производился в глубинной шахте или на другой планете).

30. Определите предел радиуса слышимости разговора на открытом воздухе.

31. Вечером, плавая на реке, можно обнаружить, что очень хорошо слышен разговор, который ведётся далеко от вас. Объясните, почему это возможно.

32. Объясните, почему бывали случаи, когда во время выстрела из артиллерийского орудия целиком отлетал передний конец дула?

33. Разобрать вопрос принципиальной возможности использования ультразвуковых колебаний для создания аппаратуры, позволяющей получать изображение предметов, находящихся в воде.

34. Перечислите и опишите все методы, с помощью которых можно производить звук. Какой из этих методов наиболее экономичен?

35. Объясните, как мальчик на качелях увеличивает амплитуду качания.

36. Какие движения должен совершать человек, чтобы вертеться на туловище обруч?

37. Определить затухание колебаний маятника в разреженном газе.

38. Мотоциклист едет по стенке бочкообразного кольца. Разберите, когда это движение устойчиво.

39. В маятнике полая чечевица заполняется вязкой жидкостью. Количественно оцените влияние жидкости на период и затухание колебаний.

40. Перечислите факторы, которые сказываются на точности хода карманных часов. Оцените относительные значения этих факторов.

41. Подвес маятника совершает быстрые колебания в горизонтальной плоскости. Найти положение равновесия маятника в поле тяжести.

42. а) Покажите, что, сообщив горизонтальные или вертикальные колебания точке подвеса маятника, можно поддерживать его колебания.

б) Найдите фазу и период этих колебаний и оцените их амплитуду, необходимую для

поддержания колебаний в обычном маятнике.

в) Исследуйте устойчивость этих процессов.

43. Два одинаковых диска расположены на небольшом расстоянии друг от друга. Верхний диск подвешен на проволоке и может совершать крутильные колебания. Нижний диск совершает вынужденные крутильные колебания с заданной амплитудой и с периодом, равным периоду свободных колебаний верхнего диска. Диск помещен в сосуд, где газ разрежен и длина свободного пробега молекул газа велика по сравнению с линейными размерами сосуда. Определите форму и амплитуду установившихся колебаний верхнего диска по отношению к нижнему и постоянную времени установления конечного состояния.

44. На магнитофонную ленту записан звук летящего прямо на вас и затем удаляющегося самолета. Как определить его скорость?

45. В бочкообразном открытом резонаторе возбуждаются волны типа «шепчущей галереи». Положим, что резонатор вращается вокруг своей оси. Спрашивается, как повлияет это вращение на распространение волн по вращению и против. Возникнут ли при этом бияния и какой частоты?

46. Подвешен бронзовый цилиндр радиуса R , длиной l , толщина стенок h . При этом $\frac{h}{R} \ll 1$. Какой должен быть размер цилиндра, чтобы его собственные радиальные колебания имели частоту $f = 2000 \text{ см}^{-1}$? Опишите другие возможные типы колебаний и оцените их частоту.

47. Укажите, какими опытными путями можно было бы определить скорость распространения мирового тяготения? Объясните, какие экспериментальные трудности мешают это осуществить?

48. Поверхность реки образует наклонную плоскость. Может ли тело свободно плыть по реке со скоростью, превышающей максимальную скорость течения?

49. Почему щиты, установленные вдоль дороги, предохраняют дорогу от заносов снега?

50. Объясните, почему, когда камень или капля дождя падают в воду, брызги летят вверх? От чего больше зависит высота полёта брызг: от размеров камня или от скорости его падения? Какова максимальная высота полёта капель?

51. Как затрачивается работа, когда производят усилия, необходимые, чтобы повернуть гироскоп вокруг оси, перпендикулярной оси маховика?

52. Четыре гироскопа помещены в стороны квадрата. Концы гироскопов соединены между собой шарнирами. Квадрат подвешен за одну из вершин, противоположную вершину можно нагружать (гиропружина Кельвина). Определить момент количества движения гироскопов, чтобы при длине сторон квадрата 30 см и грузе весом 1 кГ диагональ квадрата удлинилась на 1 см. Как будет двигаться система без нагрузки, если квадрат сохраняет свою форму?

53. На качелях помещён гироскоп, так что его ось может поворачиваться в плоскости, проходящей через ось качания. Опишите, как человеку на качелях надо повернуть гироскоп, чтобы раскачать качели? Найдите наиболее эффективный метод раскачивания качелей и выведите выражение для скорости возрастания амплитуды качания качелей со временем.

54. На плоскости вращается волчок с угловой скоростью ω , массой M и моментами инерции A и B . В волчок попадает пуля с массой m , летящая со скоростью v , и застревает в нём. Опишите, что может произойти с волчком и как можно по этому определить скорость пули.

55. На конце вертикально стоящего на полу стержня длиной 1,5 м помещён быстро вращающийся маховик. Над маховиком находится платформа, на которую может стать человек. Подсчитайте необходимый размер маховика при 3000 об/мин, чтобы стержень стоял устойчиво даже в том случае, если человек на платформе будет делать гимнастиче-

ские упражнения.

56. Данный объём газа хранится в сферическом металлическом баллоне. Определить, при каком давлении газа вес тары будет наименьший.

57. Почему жидкий азот можно лить на руку, не боясь «ожога»?

58. Вертикальная стеклянная трубка круглого сечения открыта с обоих концов. В нижнем конце помещается электрическая спираль, по которой идёт ток. Благодаря нагреванию воздуха возникает тяга. Считая, что течение воздуха в трубке ламинарное, определить разность температур между воздухом снаружи и внутри трубки в зависимости от длины, радиуса трубки и подведённой электроэнергии (теплоотдачей через стекло пренебречь).

59. Какие нужны начальные и конечные условия, чтобы частично оживить реальный газ при его однократном адиабатическом расширении? В качестве численного примера разобрать оживление воздуха.

60. Какие можно придумать эксперименты, чтобы установить абсолютную шкалу температур ниже 0,5 К?

61. Оцените, какую толщину должны иметь стены из данного материала, для того чтобы в помещении колебания температуры от средней годичной её не превышали бы 3°?

62. Вычислить среднюю температуру поверхности земного шара, считая, что она излучает как чёрное тело, и энергия этого излучения находится в равновесии с получаемой от Солнца. Принять, что при вертикальном освещении на квадратный метр Земли падает 2 кВт солнечной энергии.

63. Оцените высоту падения, на которой застывает расплавленная свинцовая капля.

64. Оцените время, за которое замёрзнет пруд.

65. Предположим, что $4 \cdot 10^9$ лет тому назад Луна и Земля были окружены атмосферой так, как сейчас Земля. Оцените, как за это время у Луны и Земли, двигающихся в планетной системе так же, как сейчас, менялась плотность их атмосфер.

66. а) Оцените время, необходимое для образования видимых капель в камере Вильсона.

б) Разберите и оцените факторы, влияющие на толщину следов траекторий частиц в камере Вильсона.

67. До широкого внедрения электричества для небольших мощностей употреблялся простой тепловой воздушный двигатель, состоящий из охлаждаемого водой цилиндра, непрерывно нагреваемого придатка-пальца и поршня, приводящего в действие маховик. Опишите, как и при каких условиях работают такого рода тепловые двигатели.

68. Известно, что при сжигании угля в паровых котлах из каждой калории можно превратить в работу только часть её, равную $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, где T_1 — температура пара, а T_2

— температура окружающей среды. Уходящий из топки котла газ отличается по своему составу от воздуха. Если заставить его смешиваться с воздухом обратимо, то можно получить добавочную работу. Оцените предельные возможности увеличить η и придумайте возможные циклы для осуществления этого процесса.

69. Оцените термодинамический к.п.д. выстрела из артиллерийского орудия и из ружья.

70. В газообразной смеси водорода и йода происходит обратимая реакция образования йодистого водорода. Определить количество образовавшегося йодистого водорода в зависимости от первоначальных количеств водорода и йода, считая константу равновесия известной.

71. Две параллельные пластины находятся на расстоянии, малом по сравнению с их размерами. Между пластинами помещают несколько тонких и хорошо теплопроводящих перегородок-экранов. Определить влияние экранов на теплопроводность между пластинами в двух случаях:

а) когда длина свободного пробега молекул газа, заполняющего пространство между

пластинами, мала по сравнению с расстоянием между экранами;

б) когда длина свободного пробега молекул газа велика по сравнению с расстоянием между пластинами.

72. Вдоль длинной горизонтальной трубки осуществляется молекулярный пучок. Вещество поступает в молекулярный пучок при нормальной температуре. На другом конце трубки в силу того, что молекулы, движущиеся с меньшей скоростью, будут больше отклонены силой тяжести, может возникнуть разность температур. Почему это не противоречит второму началу термодинамики?

73. Если пропустить молекулярный пучок через селектор, состоящий из двух вращающихся на общей оси параллельных дисков, на которых имеются смещённые относительно друг друга отверстия, то, как известно, можно осуществить выделение из пучка более быстрых молекул и этим как бы осуществить работу «дьявола Максвелла». Как это согласовать со вторым началом термодинамики?

74. Самолет летит со скоростью, близкой к звуковой; благодаря трению о воздух фюзеляж нагревается. Оценить предельно возможную температуру нагревания поверхности самолета.

75. Насколько изменится температура Дебая меди и твёрдого гелия-4 при всестороннем сжатии давлением в 1000 атм? (Предполагается, что выполняется закон Гука).

76. В сосуде, в котором нужно поддерживать вакуум 10^{-5} мм ртутного столба, имеется маленькое отверстие диаметром 10^{-2} мм. Определить размер трубки для откачки и мощность вакуумного насоса.

77. Чтобы определить заряд электрона в классических опытах Эренхафта — Милликена, заряженная капля ртути помещается между горизонтальными пластинами конденсатора. При этом сила тяжести капли уравнивается электрической силой и это давало возможность определить заряд электрона. Проанализировать, как влияет броуновское движение частиц на точность этих измерений.

78. Определить предельные размеры плоских круглых дисков из железа и алюминия, поверхность которых плохо смачивается водой (толщина дисков много меньше их диаметров).

79. Два запаянных сообщающихся сосуда цилиндрической формы разных диаметров заполнены водой (ртутью). Как распределится количество воды (ртути) между сосудами в невесомости?

80. Рассчитать время исчезновения мыльного пузыря, соединённого с атмосферой через заданный капилляр.

81. Если леска удочки опущена в текучую воду, то кругом наблюдается рисунок из неподвижных капиллярных волн. Объясните, почему такое явление возможно.

82. Определите скорость, с которой распространяется двухмерная волна по натянутой мыльной плёнке данной толщины. Оцените диапазон этих скоростей.

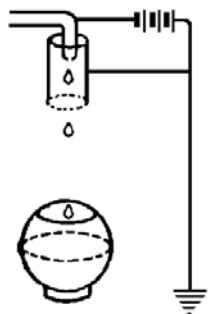


Рис. 1.

К задаче № 85.

83. Изолированный медный шарик заданного радиуса, покрытый известным количеством полония, помещён в вакуум. Благодаря вылету частиц он приобретает заряд. Определить нарастание потенциала со временем и его предельное значение.

84. Изолированная сфера заданных размеров из металлического цезия помещена в вакуум, освещается с одной стороны дневным светом и заряжается благодаря фотоэффекту. Оценить изменение её потенциала со временем.

85. На рис. 1 изображена капельная электростатическая машина. Из трубки в полый изолированный металлический шар падают капли воды, заряженные до определённого потенциала. Определить предельный потенциал, до которого заряжается шар в зависимости от высоты падения капли.

86. Свободный мыльный пузырь наэлектризован до предельного возможного потенциала, ограниченного пробивной прочностью окружающего воздуха; как и насколько из-

менился его радиус?

87. Часы, работающие на радиоактивной энергии, состоят из некоторого количества радиоактивного вещества, помещённого на стержне лепесткового электроскопа. Благодаря радиоактивному излучению и потере заряда электроскоп непрерывно заряжается и лепестки отклоняются. Достигнув некоторого угла, лепестки касаются заземлённого контакта и падают в начальное положение. Рассчитать конструкцию таких часов с периодом колебания 1 мин. Оценить возможную точность таких часов.

88. Металлический цилиндр заданных размеров совершает продольные механические качания с частотой ω . Приняв, что электроны свободно движутся в металле, подсчитать, какие заряды возникнут на концах цилиндра. Также подсчитать, какие заряды возникнут на концах такого же стержня, если он сделан из изолятора, у которого диэлектрическая постоянная равна ϵ .

89. Пластина из диэлектрика находится в однородном электрическом поле. Определить момент сил, действующих на пластинку.

90. Почему для получения больших мощностей на практике пользуются электромагнитными, а не электрофорными машинами?

91. Чем ограничивается чувствительность струнного электрометра и какова она?

92. Проанализируйте возможность опыта по обнаружению взаимодействия электрона с гравитационным полем Земли.

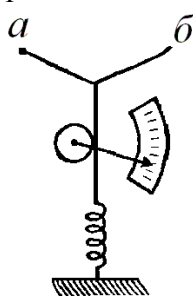


Рис. 2.

К задаче № 93

93. Электрические измерительные тепловые приборы часто делаются, как показано на схеме (рис. 2). По натянутой тонкой проволоке $a - б$ пропускается измерительный ток. Проволока нагревается и удлиняется и под влиянием пружины прогибается. Нитка к пружине переброшена через цилиндр, скреплённый с показателем прибора. Найти связь между отклонением стрелки и силой тока. Оценить условие наибольшей чувствительности такого прибора для данной силы тока.

94. Лампочка накаливания питается переменным током. Как меняется во времени температура её нити? Оценить зависимость колебаний температуры нити от толщины нити, материала и т. д.

95. Мостик Уитстона работает на постоянном токе и уравновешен. Через одну из его ветвей пропускают переменный ток. Разберите, как это скажется на равновесии мостика, если переменный ток такой силы, что нарушается закон Ома.

96. Электрон в вакууме в магнитном поле описывает круговую орбиту. На некоторой части пути помещены две сетки, имеющие некоторую разность потенциалов, так, чтобы каждый раз, когда электрон проходит между сетками, его скорость менялась. При каких условиях она будет непрерывно нарастать?

97. Если двигать горизонтальный проводник перпендикулярно его длине, то благодаря существованию земного магнитного поля на концах его возникает разность потенциалов. Вычислите её и разберите вопрос, нельзя ли на практике использовать это явление для определения скорости движения самолётов, судов и спутников относительно Земли.

98. Спутник движется в земном магнитном поле; какие электромагнитные явления могут при этом происходить?

Опишите и оцените величину этих явлений, считая магнитное поле Земли таким, как у равномерно намагниченного шара.

99. Опишите, какие электрические явления вызывает земное магнитное поле при течении воды в реках, когда вода имеет электрическую проводимость.

100. Предлагается следующий метод изучения скоростей в текучей жидкости: жидкость делается проводящей при помощи примесей, и течение осуществляется в магнитном поле. В точке, где определяется скорость, вставляют зонд из двух проводников и между ними наблюдают разность потенциалов. Разберите вопрос практического осуществления такого метода.

101. Через тонкую проволочку диаметром d пропускают импульс тока силой I . Через время t проволочка разрушится. Вычислить магнитное поле и оценить, какое наибольшее магнитное поле можно получить таким образом, и чему равно время его существования.

102. Громоотвод соединён с землёй через круглую медную трубку диаметром 2 см и толщиной стенки 2 мм. После удара молнии трубка превратилась в круглый стержень. Объясните это явление и оцените силу тока грозового разряда.

103. Оценить, какое нужно минимальное сечение медного провода, мощность источника, и какую энергию необходимо затратить, чтобы скомпенсировать электрическим током магнитное поле земного шара?

104. Вычислить эффективность защиты от влияния земного магнитного поля полый сферической брони толщиной d и радиусом R . Сравнить эффективность этой защиты, когда она сделана из железа и из пермаллоя.

105. Разберитесь, чем точнее можно мерить магнитное поле: баллистическим гальванометром или флюксметром?

106. Определите величину напряжённости магнитного поля, возникающего при быстром вращении медного цилиндра. Покажите несостоятельность объяснения этим эффектом земного магнетизма.

107. Рассмотрите возможность удержания нейтрона в магнитном поле.

108. Длинный тонкостенный медный цилиндр совершает вынужденные колебания около своей главной оси. Благодаря инерционной массе свободных электронов в металле они отстают по фазе от колебаний цилиндра, и в нём создаётся переменное магнитное поле. Вычислить это поле и оценить возможность его измерения на опыте.

109. Почему при разрыве тока в первичной цепи трансформатора во вторичной не получается перенапряжения, в то время как в индукционной спирали оно возникает?

110. К первичным клеммам трансформатора приложен прямоугольный импульс напряжения. Как в зависимости от характеристики трансформатора он будет искажаться на вторичных клеммах?

111. Катушка, в которую вставлен постоянный магнит, присоединена к конденсатору. Известны: самоиндукция катушки, ёмкость конденсатора и магнитный поток, создаваемый магнитом. Опишите электрический процесс, происходящий в цепи в случае, когда магнит очень быстро удаляют из катушки, и в случае, когда магнит удаляют очень медленно. Определить в обоих случаях работу, затраченную на удаление магнита.

112. Даны размеры соленоида и ток, его питающий. Если соленоид стоит вертикально, оцените размеры и положение железного сердечника, который будет втягиваться в соленоид кверху и с наибольшей силой.

113. Построен сверхпроводящий соленоид длиной 300 см и внутренним диаметром 50 см; поле 60 кэ. Над соленоидом на расстоянии 150 см от его оси расположена стальная кран-балка сечением 200 см^2 . Длина балки значительно больше длины соленоида, и она расположена параллельно его оси. Оцените силу притяжения балки к соленоиду.

114. Через соленоид, по которому течёт ток, пролетает проводящий цилиндр. Определите условия, при которых магнитное поле не позволит цилиндру пролететь через соленоид. Омическими сопротивлениями цилиндра и соленоида можно пренебречь.

115. Предлагается магнитная пушка, работающая по следующему принципу. Недалеко от соленоида, по его оси, помещается цилиндр (снаряд). Внезапно по соленоиду пускают ток. Когда, втягиваясь, цилиндр достигает середины соленоида, ток автоматически выключается. Оцените практически осуществимую в такой пушке начальную скорость снаряда. Оцените необходимую мощность генератора.

116. Найти условия равновесия шарика из сверхпроводника в магнитном поле горизонтального кругового витка с током.

117. В однородное магнитное поле помещён длинный цилиндрический сверхпроводник так, что его ось перпендикулярна направлению магнитного поля. Определить величину и направление магнитного поля на поверхности сверхпроводника.

118. Как от конденсатора заданной ёмкости и заряженного до определённого потенциала получить максимальную мощность разряда?

119. Какая часть энергии переходит в звук при разряде лейденской банки?

120. Сверхпроводящий соленоид в основном состоит из меди с коэффициентом заполнения объёма 0,5. Наружный диаметр 10 см, внутренний — 2 см и его высота 15 см. Поле внутри — 50 кэ. Внезапно нарушается сверхпроводимость обмотки. Определить температуру нагрева меди.

121. Дан колебательный контур, известны L и C . Оцените ту минимальную силу тока, при которой можно обнаружить в нём колебания.

122. В катодном осциллографе пучок электронов создаётся при потенциале в 1000 В. Отклонение пучка производится на длине 2 см конденсатором. Опишите, как будет зарегистрирован на развёртке прямоугольный импульс, направленный в осциллограф по линии с крутизной подъёма в одну сотую наносекунды.

123. Оцените возможность обнаружения быстрой заряженной частицы по индукционному эффекту в конденсаторе, катушке или резонаторе.

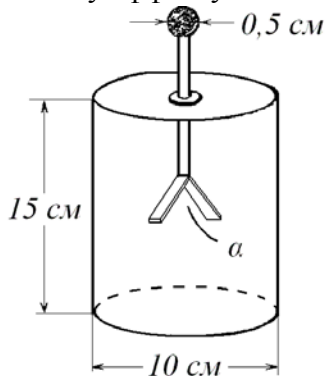


Рис. 3. К задаче № 124

124. Имеется простой электроскоп, основные размеры его даны на рис. 3. Золотой лепесток имеет длину 2 см и толщину $0,1 \mu$. Оцените угол α отклонения лепестка, если электроскоп заряжен до 300 В.

125. На круглый однородный железный сердечник заданных размеров, покрытый ровным слоем изоляции, намотан один слой проволоки квадратного сечения. По проволоке идёт постоянный ток. Опишите явления при внезапном разрыве тока и оцените перенапряжение на концах обмотки. Рассчитайте габариты такого устройства на напряжение 100 000 В.

126. Проводящий цилиндр окружён длинным однослойным соленоидом; между ними небольшой зазор. Покажите, что скорость распространения электрических волн в такой системе приблизительно равна скорости света, помноженной на отношение длины соленоида к длине его обмотки.

127. Если изолированный постоянный магнит зарядить до некоторого потенциала, то кругом него будет одновременно существовать постоянное электрическое \vec{E} и магнитное \vec{H} поля и вектор Пойнтинга $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} \vec{E} \times \vec{H}$ не будет равен нулю. Какому электромагнитному излучению он соответствует?

128. В запаянной трубке находится воздух при данном давлении и температуре. Один конец трубки помещён в однородное магнитное поле. Благодаря парамагнетизму кислорода произойдёт перераспределение концентраций его вдоль трубки.

а) Оценить величину изменений концентраций вдоль трубки.

б) Оценить постоянную времени установления процесса.

в) Разобрать возможности использования этого процесса для выделения кислорода из воздуха.

129. Цилиндрический сосуд с жидкой смесью кислорода и азота при нормальном давлении помещён в соленоид так, чтобы один конец находился в центре соленоида, а другой — снаружи. Определить гидростатическое давление в жидкости при разных концентрациях смеси, если поле внутри соленоида равно 300 кэс.

130. Разобрать процесс намагничивания в однородном поле жидкой смеси кислорода и азота определенной концентрации.

а) Определить, как изменяются при адиабатическом намагничивании температура и давление газа.

б) Определить, как изменится при намагничивании температура, если поддерживать постоянное давление.

в) Вычислить эти величины для поля в 30 и 300 кэс для чистого кислорода при

начальном давлении 1 атм.

131. Хонда нашёл экспериментально, что у графита в направлении главной кристаллической оси шестого порядка и в двух направлениях, перпендикулярных к ней, имеются три различных значения магнитной восприимчивости. Покажите, что такой результат возможен только в том случае, если в графите имеются примеси ферромагнитного вещества.

132. Чему равно сопротивление тонкой металлической проволоки диаметром d с зеркальной поверхностью, выраженное через параметры массивного металла? (Считать, что свободный пробег $\lambda \gg d$).

133. Вычислить температуру, которую приобретает парамагнитная соль $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ после размагничивания от 20 кэ до 100 э, считая, что соль во всей области температур подчиняется закону Кюри и что время спин-решёточной релаксации много больше времени размагничивания. Начальная температура 1 К.

134. Как электрическими, магнитными и другими силами можно свободно подвесить тело, которое могло бы быть в устойчивом равновесии с силой тяжести (гроб Магомета)?

135. По исследованиям Айртон, напряжение на электрической дуге $E = a + \frac{b}{I}$, где a и b — константы, I — сила тока. Разобрать вопрос стабильности дуги в зависимости от питающего её напряжения.

136. Какого цвета будет казаться красная жидкость, если сосуд с ней поместить в сосуд с синей жидкостью?

137. Опишите отражение белого света от боковой стороны мыльного пузыря в зависимости от его размеров и толщины пленки.

138. Продумайте возможность создания оптического прибора, с помощью которого липимановская фотография могла бы рассматриваться так, чтобы оба глаза видели её в одинаковых цветах.

139. Какое количество капель воды находится в кубическом сантиметре тумана, если видимость равна 100 м и туман держится около часа?

140. Как зависит поглощение электромагнитных волн в плазме от величины магнитного поля? (Волна распространяется вдоль магнитного поля).

141. Определить потерю энергии пучка электронов с энергией в 1 кэВ, проходящего через водородную плазму, находящуюся при температуре $T = 3 \cdot 10^4 \text{ К}$ и давлении $P = 1 \text{ атм}$.

142. Какую и как можно получить наибольшую температуру в фокусе собирающей чечевицы или зеркала от Солнца? Как эта температура сравнима с температурой Солнца?

143. Как остывает медный шар в космосе?

144. Оценить, на каком расстоянии от места падения можно болометрически обнаружить снаряд Фау-2, если считать, что он летит со скоростью 1 км/сек, имеет 15 м в длину и диаметр 2 м.

145. Рассмотрите тепловое излучение горячей дифракционной решётки.

146. Разберите вопрос существования оптимального размера игольного отверстия в фотокамере без объектива.

147. Будет ли разрешающая сила нейтронного микроскопа более, нежели электронного? Разберите принципиальные трудности осуществления нейтронного микроскопа.

148. Разберите вопрос, как получить от данного предмета и данного источника света наиболее контрастный и резкий силуэт.

149. Нарисуйте интерференционную картину, которая получится на экране от четырёх маленьких отверстий, сделанных по углам небольшого квадрата. Считать, что экран находится на значительном расстоянии от отверстий, и падающая волна плоская.

150. На плоскости на равных расстояниях расположены параллельно друг другу n радиоантенн. В заданной точке O на расстоянии, большом по сравнению с длиной волны λ ,

нужно получить максимум интенсивности. Какое надо подобрать расстояние между антеннами и соотношение фаз между колебаниями в антеннах, чтобы интенсивность в точке O была наибольшей? Во сколько раз эта интенсивность будет больше, чем от одной антенны?

151. С каким числом оборотов нужно вращать тело, чтобы при поглощении и испускании света атомами можно было бы наиболее чувствительным оптическим методом обнаружить явление, аналогичное зеемановскому?

152. Излучение от лазера пропускают через интерферометр так, чтобы один из лучей проходил вдоль соленоида. Оцените, какое наименьшее изменение в скорости света, которое могло бы производить магнитное поле соленоида, можно обнаружить по сдвигу интерференционных полос.

153. Линейный ускоритель создаёт пучок электронов мощностью 2 МВт с напряжением 15 млн. В. Навстречу потоку электронов направлен луч от рубинового лазера. Опишите, как будет происходить рассеяние света от электронов в пучке.

Пояснения автора к задачам

При составлении этих задач я преследовал определённую цель, поэтому они были составлены необычным образом. Чтобы их решение для читателя представляло интерес, следует сделать некоторые разъяснения.

Хорошо известно, какое большое значение имеет решение задач при изучении точных наук, таких, как математика, механика, физика и др. Решение задач даёт возможность самому студенту не только проверить свои знания, но, главное, тренирует его в умении прикладывать теоретические знания к решению практических проблем. Для преподавателя задачи являются одним из наиболее эффективных способов проверять, насколько глубоко понимает студент предмет, не являются ли его знания только накоплением заученного наизусть. Кроме того, при обучении молодёжи решением задач можно ещё воспитывать и выявлять творческое научное мышление.

Хорошо известно, что для плодотворной научной работы требуется не только знание и понимание, но, главное, ещё самостоятельное аналитическое и творческое мышление. Как одно из эффективных средств воспитания, выявления и оценки этих качеств при обучении молодежи и были составлены эти задачи.

Я стремился осуществить эту цель, составляя большинство задач таким образом, что они являются постановкой небольших проблем, и студент должен на основании известных физических законов проанализировать и количественно описать заданное явление природы. Эти явления природы выбраны так, чтобы они имели либо научный, либо практический интерес, и при этом нами учитывалось, что уровень знаний студентов должен быть достаточным, чтобы выполнить задание.

Обычно задачи ставятся так, чтобы подходов к их решению было несколько, с тем, чтобы и в выборе решения могла проявиться индивидуальность студента. Например, задачу № 3 о траектории полёта самолета, при которой в кабине была бы невесомость, можно решить стандартным способом, написав уравнение движения самолета в поле тяжести Земли и приравняв нулю равнодействующую сил, действующих на точку, находящуюся в самолете. Другой способ решения более прост: принять, что, если самолет следует траектории свободно летящего тела, которая в земном поле близка к параболе, тогда тело, находящееся в самолете, может быть в состоянии невесомости. Более любознательный студент может углубить вопрос и выяснить, что требуется при полёте самолета для того, чтобы во всех точках кабины самолёта было одновременно состояние невесомости. Далее можно разобрать вопрос, какие навигационные приборы нужны, чтобы пилот мог вести самолет по нужной для осуществления невесомости траектории и т. п. Характерной чертой наших задач является то, что они не имеют определённого законченного ответа, поскольку студент может по мере своих склонностей и способностей неограниченно углубиться в изучение поставленного вопроса. Ответы студента дают возможность оценить склонность и характер его научного мышления, что особо важно при отборе в аспирантуру. Самостоятельное решение такого рода задач даёт студенту тренировку в научном мышлении и вырабатывает в нём любовь к научным проблемам.

Кроме проблемного характера этих задач, в большинстве из них есть ещё одна особенность: в них не заданы численные величины физических констант и параметров и их представляется выбрать самим решающим. Так, например, в той же задаче № 3 о невесомости в самолёте требуется определить время, в продолжение которого она может осуществляться, и при этом говорится, что выбирается современный самолёт. Потолок полёта этого самолёта и его предельную скорость представляется выбрать самому студенту. Это мы делаем потому, что практика преподавания показывает, что обычно у нас мало заботятся о том, чтобы учёный и инженер в процессе своего учения научились конкретно представлять себе масштабы тех физических величин, с которыми им приходится оперировать: ток, скорость, напряжение, прочность, температуру и пр.

При решении научных проблем учёному всегда приходится в своём воображении ясно представлять величину и относительную значимость тех физических величин, которые служат для описания изучаемого явления. Это необходимо, чтобы уметь выбирать те из них, которые являются решающими при опытном изучении данного явления природы. Поэтому надо приучать смолоду учёных, чтобы символы в формулах, определяющие физические величины, всегда представляли для них конкретные количественные значения. Для физика, в отличие от математика, как параметры, так и переменные величины в математическом уравнении должны являться конкретными количествами. В наших задачах мы к этому приучаем студентов тем, что они сами должны в литературе отыскивать нужные для решения величины. Студенты физтеха с интересом относятся к этим задачам и часто подвергали их совместному обсуждению. Когда эти задачи давались нами на экзаменах, то необходимое условие при решении — полная свобода в пользовании литературой. Обычно на экзаменах давалось несколько задач (до пяти) так, чтобы предоставить экзаменуемому по своему вкусу выбрать 2 – 3 из них. По выбору задач тоже можно было судить о склонностях студента. Для аспирантских экзаменов составлялись новые и более сложные задачи, но здесь разрешалось экзаменуемому не только пользоваться литературой, но и консультацией. Умению пользоваться консультацией учёному также необходимо научиться, как и умению пользоваться литературой. При научной работе советы и беседы с товарищами и руководителями необходимы для успеха работы, и к этому тоже надо приучать с самого начала обучения.

На решение каждой из задач мы обычно давали около часа. Задачи должны быть решены в письменном виде, но способности и характер студента в основном выявляются при устном обсуждении написанного текста. Чем ярче способности молодого учёного, тем скорее можно их выявить. Обычно обсуждение всех этих задач не занимало у нас больше часа.

Сейчас общепризнано громадное значение науки для развития культуры и хозяйства в современном государстве. Количество учёных и научных работников у нас в стране неуклонно увеличивается и уже сейчас превышает полмиллиона. Поэтому воспитание и обучение молодых учёных теперь являются большой и самостоятельной государственной задачей. У нас в стране, кроме Физико-технического института, имеется ещё несколько высших учебных заведений, которые ставят перед собой задачу воспитания научных кадров. Несомненно, преподавание в таких вузах имеет свою специфику и отличается от преподавания в вузах, которые готовят кадры для нашей промышленности и народного хозяйства. Мне думается, что при выработке методов преподавания решение задач-проблем, подобных собранным в этой книге, может быть широко использовано не только при преподавании физики, но и других областей точных наук: математики, механики, химии и др. Перед тем как решить крупную научную проблему, учёным надо уметь их решить в малых формах. Поэтому решение задач, аналогичных приведенным в этом сборнике, является хорошей подготовкой для будущих научных работников.

Примеры решения задач¹

Задача № 28. Каким путём закон, связывающий длину маятника и период колебаний, может быть получен без вычислений?

Решение задачи №28

Ответ можно получить с помощью метода размерности, которым часто пользовались ещё знаменитые Рэлей и Джеймс Джинс. Чтобы провести анализ размерностей, надо рассмотреть все переменные и размерные константы, которые встречаются в задаче, и записать их размерности. Размерность какой-либо величины a_i обозначают обычно символом $[a_i]$, введённым Максвеллом. В данной задаче, как всегда при изучении механических явлений, достаточно ввести только три независимые основные единицы измерений; часто в качестве основных единиц выбирают длину $[L]$, массу $[M]$ и время $[T]$.

Запишем переменные задачи и их размерности:

Период колебаний t — $[T]$

Длина маятника l — $[L]$

Масса маятника m — $[M]$

Ускорение силы тяжести g — $[LT^{-2}]$

Угловая амплитуда колебаний θ — безразмерная величина.

Из того факта, что реальное значение периода колебания маятника не зависит от выбора системы единиц измерений величин l , m , g и θ , следует, что неизвестная функция t может быть представлена как произведение степеней остальных величин:

$$t = l^\alpha m^\beta g^\gamma \theta^\delta$$

причём левая и правая части этой формулы имеют одинаковую размерность. Отсюда следует, что:

$$\alpha + \gamma = 0;$$

$$\beta = 0;$$

$$-2\gamma = 1.$$

Так как θ — безразмерный параметр, то безразмерная константа в формуле может быть обозначена через $f(\theta)$. Окончательно имеем:

$$t = f(\theta) \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Из изложенного ясно, что это единственный способ образовать величину t , т. е. можно утверждать, что период колебаний маятника пропорционален

$\sqrt{\frac{l}{g}}$. Численный коэффициент $f(\theta)$ методом размерности определить нельзя. Для этого надо решать задачу точно. Оказывается, что при малых θ $f(\theta) = 2\pi$.

Численный коэффициент в формулах, полученных методом размерностей, конечно, не обязан всегда быть порядка единицы. Так, для маятника, описывающего почти полную окружность (рис. 4), при уменьшении угла α период колебаний неограниченно увеличивается пропорционально величине $-\sqrt{\frac{l}{g}} \ln \alpha$, где

$\alpha \ll 1$. Это связано с тем, что в точке $\alpha = 0$ у рассматриваемой механической системы

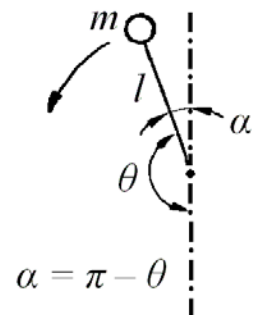


Рис. 4. К решению задачи № 28

¹ Примеры решения задач составлены аспирантами Института физических проблем АН СССР — выпускниками Московской физико-технической школы. — Прим. ред.

есть особенность.

Решая задачу методом размерности, всегда надо быть уверенным, что не пропущены какие-либо параметры и величины, от которых существенно зависит само явление. Поэтому применение метода на практике требует известного навыка. И умение пользоваться этим методом позволяет, вместе с соображениями симметрии, находить ответ на сложные физические вопросы.

Задача № 44. На магнитофонную ленту записан звук летящего прямо на вас и затем удаляющегося самолёта. Как определить его скорость?

Решение задачи № 44.

Для упрощения будем считать, что в полёте самолёт излучает звук одной частоты ν_0 , хотя совершенно ясно, что в реальном случае излучается весьма широкий звуковой спектр. Будем также считать, что скорость самолёта во время записи звука на магнитофон не менялась и частота ν_0 (измеренная на борту) во время опыта была постоянной.

Известно, что если источник звука с частотой ν_0 приближается со скоростью v к неподвижному наблюдателю, измеряющему частоту этого звука, то наблюдатель зарегистрирует вовсе не частоту ν_0 а частоту ν' , которая больше ν_0 (эффект Доплера) и определяется по формуле

$$\nu' = \frac{\nu_0}{1 - \frac{v}{c_{зв}}},$$

где $c_{зв}$ — скорость звука в воздухе.

Если же источник звука удаляется от наблюдателя, то измеренная частота ν'' будет меньше ν_0 :

$$\nu'' = \frac{\nu_0}{1 + \frac{v}{c_{зв}}}$$

Этими соотношениями мы и воспользуемся для решения задачи. Но нам придётся несколько дополнить их, так как самолет не движется прямо на наблюдателя (как, например, паровоз), а пролетает на некоторой высоте. Иными словами, нам нужно учесть, что звук приходит к наблюдателю под некоторым углом θ (рис. 5).

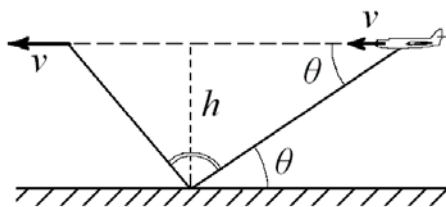


Рис. 5. К решению задачи № 44 (1).

Когда самолет приближается к нам, частота звука, записываемого на магнитофон, будет равна

$$\nu = \frac{\nu_0}{1 - \frac{v}{c_{зв}} \cos \theta}$$

Эта же формула верна и в случае, когда самолёт удаляется от нас, если считать $\cos \theta$ при этом отрицательным. В знаменателе этой формулы вместо скорости v мы написали величину $v \cos \theta$, т. е. проекцию скорости v на линию между самолётом и магнитофоном. Это есть как раз та скорость, с которой в данный момент самолет приближается к точке, где установлен магнитофон. Угол θ при движении самолёта непрерывно меняется, поэтому частота звука, записываемого на ленту, также непрерывно изменяется. Когда самолёт далеко от нас, то $\theta = 0$, $\cos \theta = 1$ и $\nu = \nu'$. Когда самолёт про-

летает непосредственно над нами, $\theta = 90^\circ$, $\cos \theta = 0$ и $v = v_0$. Когда же самолёт далеко удалился от нас, то $\theta = 180^\circ$, $\cos \theta = -1$ и $v = v''$.

График зависимости частоты ν от времени показан на рисунке 6. За начало отсчёта времени принят момент, когда самолёт пролетает непосредственно над магнитофоном. Крутизна кривой при $t = 0$ определяется высотой h , на которой летит самолет. Чем меньше h , тем больше крутизна ступеньки. Если самолет летит на бреющем полете, т. е. $h = 0$, то график имеет вид прямоугольной ступеньки (рис. 7).

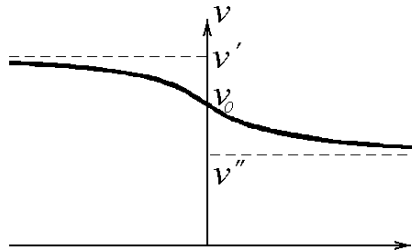


Рис. 6. К решению задачи № 44 (2)

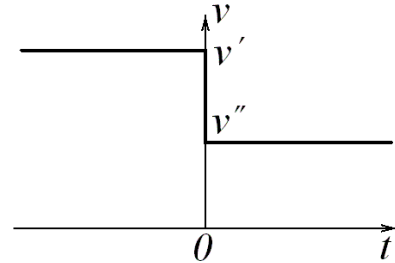


Рис. 7. К решению задачи № 44 (3)

Если с помощью соответствующих приборов, измеряющих частоту звука, измерить частоты ν' и ν'' , то из уравнений, приведённых в начале нашего решения, можно легко найти скорость самолета:

$$v = \frac{\nu' - \nu''}{\nu' + \nu''} \cdot c_{зв}$$

Для случая, когда самолёт летит на значительной высоте, при определении ν' и ν'' , а следовательно, и при определении v неизбежна некоторая погрешность.

Следует сказать, что при решении этой задачи мы считали, что самолёт летит с дозвуковой скоростью. В противном случае образуется ударная волна, и решение задачи должно быть иным.

Задача 135. По исследованиям Айртон, напряжение на электрической дуге $E = a + \frac{b}{I}$, где a и b — константы, I — сила тока. Разобрать вопрос стабильности дуги в зависимости от питающего её напряжения.

Решение задачи № 135.

Уравнение мисс Айртон является приближённой записью того факта, что с ростом тока в дуге происходит, во-первых, увеличение объёма разряда, во-вторых, увеличение проводимости плазмы в канале дуги. Постоянные a и b определяются геометрией и материалом электродов.

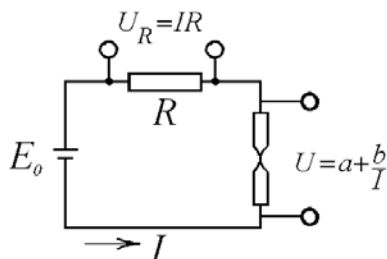


Рис. 8. К решению задачи № 135 (1)

Нетрудно заметить, что если бы вольтамперная характеристика всей цепи (рис. 8) была падающей, то случайное увеличение силы тока I вызвало бы уменьшение напряжения и, ток в цепи из-за этого стал бы, в свою очередь, ещё больше и т. д. Поэтому дуга с падающей характеристикой не горит стационарно. Стабилизация, режима горения возможна за счет сопротивления R , присутствие которого приводит к тому, что в области рабочей точки общая характеристика дуги и сопротивления становится повышающей. Величина R включает в себя и внутреннее сопротивление источника э.д.с. Само положение рабочей точки

определяется вторым законом Кирхгофа (см. рис. 8).

$$U_k + U = E_0,$$

где E_0 — э.д.с. источника, питающего дугу (рис. 9). Точка B соответствует устойчивому режиму горения дуги; критерий устойчивости при этом выполняется:

$$\frac{d(RI)}{dI} + \frac{d(a + \frac{b}{I})}{dI} > 0$$

или, что то же, $I^2 R > b$. В точке A горение неустойчиво.

Конечно, чтобы кривая $U = IR + a + \frac{b}{I}$ пересекалась с прямой $E_0 = \text{const}$, сопротивление R не должно быть больше величины $\frac{(E_0 - a)^2}{4b}$. В противном случае дуга потухнет.

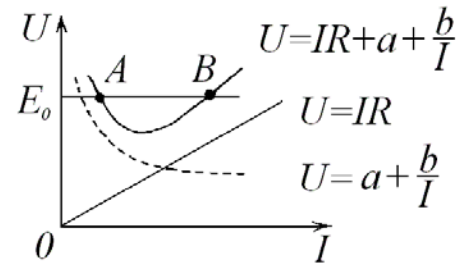


Рис. 9. К решению задачи № 135 (2)

Задача № 139. Какое количество капель воды находится в кубическом сантиметре тумана, если видимость равна 100 м и туман держится около часа?

Решение задачи № 139.

Для начала несколько слов о том, что определяет дальность видимости. Днём небольшая дальность определяется минимальной величиной контраста ε , которую способен различить глаз. Пусть яркость фона (обычно это поверхность неба на горизонте) будет B_ϕ , а собственная яркость предмета — B_0 . Тогда, если предмет находится на расстоянии L от наблюдателя, то контраст в изображении предмета и фона на сетчатке глаза определяется следующим образом:

$$\varepsilon = \frac{B_\phi - B_0}{B_\phi} e^{-\alpha L}$$

В этой формуле множитель $e^{-\alpha L}$ описывает ослабление света, прошедшего расстояние L сквозь туман. По аналогичному закону ослабляется рентгеновское и гамма-излучение при прохождении сквозь слой защитного вещества (конечно, в этом случае коэффициент ослабления α имеет не такое значение, как для света). Приведённая формула для определения ε справедлива только для предметов, изображение которых занимает на сетчатке глаза не меньше одного светочувствительного элемента (угловой размер $20''$). Попутно заметим, что расстояние, с которого ночью видны светящиеся предметы, определяется не контрастом, а минимальным световым потоком, который способен увидеть глаз.

Наибольший контраст на светлом фоне видимости имеют земные предметы ($B_0 = 0$). Минимально различимый контраст для большинства людей равен $\varepsilon = 0,03$. Логарифмируя формулу для контраста (в которой мы положили $B_0 = 0$), получим простое выражение, которое связывает дальность видимости $L_{\text{макс}}$ с коэффициентом ослабления света α :

$$L_{\text{макс}} \approx \frac{3,5}{\alpha}$$

Теперь перейдём к туману. В тумане капли воды занимают только очень малую часть полного объёма, и поэтому ослабление света происходит в основном из-за его рассеяния на каплях, а не из-за поглощения в них. По этой же причине капли рассеивают свет независимо друг от друга и не нужно рассматривать случаи, когда капли частично затеняют друг друга.

Вот почему коэффициент ослабления света α можно определить, зная площадь рассеяния света одной каплей и умножая эту величину на число капель в единице объёма.

Рассмотрим механизм рассеяния света на капле размером много больше длины волны света. При падении параллельного пучка лучей на каплю эффективная площадь рассеяния передней поверхностью капли, естественно, равна πR^2 .

За каплей образуется цилиндрическая область тени, которая благодаря явлению дифракции на некотором расстоянии от капли заполняется рассеянным светом. Можно считать, что это добавочное рассеяние происходит от источников, гасящих прямой пучок непосредственно у задней поверхности капли. Поэтому добавочная поверхность рассеяния капли также равна πR^2 (рис.10).

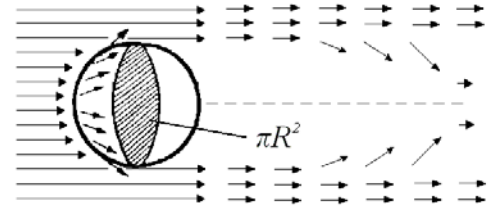


Рис. 10. К решению задачи № 139

Таким образом, полная площадь рассеяния света одной каплей радиуса R равна $2\pi R^2$ — удвоенной площади поперечного сечения. Если в единице объёма находится n капель, то коэффициент ослабления света, как мы уже говорили, равен

$$\alpha = 2\pi R^2 n.$$

Теперь нам осталось найти средний размер капель, используя второе условие задачи — время существования тумана.

Для простоты примем, что длительность тумана равна времени падения капель на землю под действием силы веса капли и сопротивления воздуха. Силу сопротивления для капель малых размеров (менее 50 мк) мы вычислим по формуле Стокса:

$$F_{\text{сопр}} = 6\pi\eta R\gamma.$$

При равномерном падении эта сила равна весу капли P .

$$F_{\text{сопр}} = P = \frac{4}{3}\pi R^3 dg$$

Откуда

$$V(\text{см} / \text{сек}) = 1,26 \cdot 10^6 R^2 (\text{см}).$$

При получении этой формулы мы подставили значение вязкости воздуха $\eta = 1,7 \cdot 10^{-4}$ пуаз, удельного веса воды $d = 981 \text{ дн} / \text{см}^3$, ускорения свободного падения $g = 981 \text{ см} / \text{сек}^2$. Если принять для простоты вычислений, что слой тумана имел высоту $H = 36 \text{ м}$ (3600 см), и вспомнить, что час содержит 3600 сек, то скорость падения будет равна

$$V = \frac{H}{t} = \frac{3600}{3600} = 1 \text{ см} / \text{сек}.$$

Отсюда (и используя формулу Стокса) найдём, что размер капелек тумана

$$R \approx 10 \text{ мк}.$$

Вычисляя коэффициент ослабления по формуле

$$\alpha = \frac{3,5}{L_{\text{макс}}}$$

и приравнявая это значение выражению $\alpha = 2\pi R^2 n$, получим, что при заданных в задаче условиях число капель в 1 см^3 тумана равно $n = 70$.

Как видите, поиск ответа на простой, казалось бы, вопрос нам пришлось начинать издалека и вести его по достаточно извилистому пути.

Творческое воспитание молодёжи¹

Общепризнано, что достижения науки влияют на общий уровень культурной жизни людей, но в XX веке эти достижения столь значительны, что их применение стало влиять в глобальном масштабе на структуру общества. Этот процесс, называемый научно-технической революцией, приводит тому, что сейчас нельзя рассматривать проблему обучения молодёжи в отрыве от тех социальных изменений, которые вызваны научно-технической революцией.

Я остановлюсь только на двух явлениях, порождённых современной научно-технической революцией, которые, по-моему, вызывают наиболее кардинальные изменения в организации образования молодёжи.

Хорошо известно, что наиболее значительным следствием использования достижений науки и техники в промышленности является высокая производительность труда. Главным образом это происходит оттого, что физический труд человека заменяется работой, производимой двигателями, что стало всё в большей степени возможным благодаря широкому использованию электроэнергии. При этом всё больше используется автоматика, а работа рабочего стала сводиться к кнопочному управлению двигателями, кранами и пр. Благодаря этому в развитых странах производительность человека по сравнению с прошлым веком увеличилась в несколько раз и достигла сейчас, как в сельском хозяйстве, так и в промышленности, очень высоких показателей.

Если в прошлом веке обычно 80 – 90 % населения жило в деревне и производило продовольственных продуктов в количестве только достаточном, чтобы прокормить себя и городское население своей страны, то сейчас в ряде стран не более 10 % населения живёт в деревне и с избытком удовлетворяет продовольственные потребности страны. Исключительно высокий уровень производительности труда, достигнутый теперь в промышленности, виден на следующем примере. Если разделить число автомобилей, изготавливаемых на крупном современном предприятии, на число занятых на нём людей, то окажется, что каждый из них производит более одной машины в месяц.

Экономисты считают, что при современной производительности труда достаточно примерно трети или четверти трудового контингента промышленно развитой страны, чтобы вдоволь обеспечить население всем необходимым для жизни: едой, одеждой, жильём, средствами передвижения и пр. Если сейчас в промышленности занято больше народу, то это в основном связано с оборонной промышленностью, экономической помощью менее развитым странам, научными исследованиями, обслуживанием населения, туризмом, радио, телевидением, кино, спортом, прессой и пр. В этих областях число занятых сейчас людей ничем не ограничивается и, по-видимому, определяется числом свободных рук.

Такая высокая по сравнению с прошлым столетием производительность труда и связанная с ней меньшая загрузка рабочего населения дают возможность в наше время значительно поднять продолжительность обучения молодёжи.

В прошлом веке, например, в Англии, наиболее промышленно развитой тогда стране, только наиболее состоятельная небольшая часть населения могла позволить юноше посвятить свою молодость до 20 – 23 лет образованию. Большинство уже с 14 лет работало в промышленности или в сельском хозяйстве. Такой могла быть и судьба Фарадея, который уже в 14 лет был подмастерьем в переплётной мастерской. Рабочий день тогда часто доходил до 12 – 14 часов.

Сейчас нет никаких экономических причин, которые могли бы помешать промышленно развитой стране дать всей своей молодёжи не только законченное среднее образование до 16 – 18 лет, но и высшее — до 20 – 23-летнего возраста.

¹ Доклад, прочитанный на открытии Международного конгресса по подготовке преподавателей физики для средней школы в г. Эгер, Венгрия, 11 сентября 1970 г.

Тот высокий рост численности студентов, который наблюдается сегодня в высокоразвитых странах, конечно, оказался возможным в значительной степени благодаря высокой производительности труда. За последние 10 лет число учащихся в высших учебных заведениях в этих странах удвоилось. Экстраполируя этот рост, мы приходим к выводу, что не исключена возможность, что через несколько десятилетий высшее образование станет в этих странах всеобщим. Это, конечно, повлияет на организацию всего образования и в первую очередь на среднюю школу.

Происходящий сейчас рост общественного богатства за счёт высокой производительности труда и развитие производства для массового потребления приводят к необычайно-му росту дохода на душу населения. Благополучие населения неизменно растёт. Если в некоторых странах и наблюдается безработица и бедность, то это надо отнести за счёт несовершенства социальной структуры и не связывать с экономическими возможностями страны.

Рост благополучия населения ставит новую социальную проблему. Это проблема досуга. Она сейчас широко обсуждается, но пока общепризнанного решения не имеет, хотя несомненно, что эта проблема тесно связана с вопросами образования и воспитания молодёжи.

Схематически эту проблему можно сформулировать так: сейчас средняя занятость человека на работе в сутки близка к 7 – 8 часам. Если положить, что на сон он тратит часов 7 – 8, часа два на еду, транспорт и пр., следовательно, у человека в день на досуг остаётся около 7 часов. Для отдыха по-прежнему остаётся воскресный день. Но время досуга будет продолжать расти, поскольку неуклонно растёт производительность труда. Например, сейчас рост происходит за счёт использования электронно-счётных решающих устройств. Ряд социологов-экономистов предвидят тут новый революционный рост производительности труда, как на производстве, так и в области обслуживания.

Поскольку занятость у людей будет продолжать уменьшаться, то скоро время досуга у людей станет больше рабочего времени.

Социальная проблема, которая уже поставлена, — это обеспечить человеку условия для рационального использования досуга.

На значимость этой проблемы в яркой форме обратил внимание Олдос Хаксли. Тот, кто читал его книгу «Этот новый прекрасный мир»¹, помнит, что для населения «Прекрасного мира» проблема досуга решалась занятием спортом, различными примитивными зрелищными развлечениями и сексом, при этом считалось, что широко должны быть использованы наркотики. Главная задача, которую, согласно книге Хаксли, ставили перед собой руководители «Прекрасного мира», заключалась в том, чтобы у трудящихся не появлялось интереса к социальным проблемам. Для этого с самого раннего детства их отучали от самостоятельного и критического мышления.

Прогноз Хаксли по использованию досуга сейчас начинает оправдываться в наиболее промышленно развитых капиталистических странах². Там быстро растёт достаток у населения, но у массы людей происходит падение духовных и общественных запросов и всё больше и больше растёт потребление всякого вида наркотиков. Особенно неумело использует досуг и достаток та молодёжь, у которой отсутствуют культурные интересы. Юноши и девушки, достигнув зрелого возраста, быстро пресыщаются спортивными и эстрадными зрелищами. На пути секса тоже нет преград. При большом достатке появляется изобилие всякого рода «железяк» (gadgets) — радио, фото, кино, автомашины и пр., но удовольствие от их примитивного использования также быстро притупляется. При этом чувствуя обеспеченность родителей, молодые люди не испытывают боязни за завтрашний день, отсутствует необходимость борьбы за существование, и всё это приводит к тому, что молодёжь в этих условиях не имеет перед собой задач, решая которые, она могла бы развивать

¹ Aldous Huxley. *Brave New World*, Bantam Books, New York, 1932.

² Aldous Huxley. *Brave New World Revisited*. Chatto and Windus, London, 1959.

свои силы и волю. Всё это, вместе взятое, делает жизнь молодежи лишённой постоянного внутреннего содержания. К тому же, согласно традиционным принципам капиталистического общества, в семье и в школе при воспитании человека в нём развивают индивидуализм, что ведёт к отсутствию у молодёжи широких общественных идеалов, как-то: служение людям, науке, искусству, и всё это тоже ограничивает человека в его интересах, и лишает жизнь внутреннего содержания. Разнообразные наркотики, которые всё больше и больше распространяются среди молодёжи как средство, отрывающее её от действительности, конечно, дают только кратковременный уход от неё, но, как известно, при этом происходит разрушение нервной системы человека, ещё больше усугубляющее его духовную депрессию. Среди молодёжи непрерывно растёт преступность.

Вполне понятно, почему сейчас молодёжь начинает протестовать против такой действительности. Первые симптомы протеста молодого поколения против существующего общественного строя уже давно стали проявляться, и они хорошо известны: — это битники, хиппи и пр. Хотя это явление не массового характера, но всё же оно возможно только в обществе, в котором существует избыток средств и досуга. Несомненно, эти явления символизируют отрицательное отношение молодёжи к лишённому внутреннего содержания мещанскому укладу современной цивилизации.

Гораздо показательнее и серьёзнее становятся студенческие волнения, сегодня их следует уже рассматривать как значительное социальное явление, которое должно учитываться государством. В США по данным статистики уже в 1968 — 1969 годах из всех окончивших среднюю школу 55 % учащихся поступили в высшие учебные заведения¹. В настоящее время в США в высших учебных заведениях разного уровня обучается 7,5 миллиона человек². Поэтому студенты по своей численности являются значительной общественной политической силой.

Изучение студенческих волнений, которые во всех развитых капиталистических странах так широко охватывают высшие учебные заведения, показывает, что в этом движении большое участие принимает наиболее состоятельная часть студенчества³.

Это указывает на то, что недовольство вызвано не экономическими причинами, но, по существу, является выражением недовольства существующей идеологией общественного строя. Социальные заветы, согласно которым должна жить молодёжь, не дают нужных ей идеалов, поскольку индивидуализм, свойственный капиталистическому обществу, воспитывает стремление к обогащению и не развивает широких социальных идеалов.

Когда-то религия давала идейную направленность общественной деятельности человека, но теперь главным образом благодаря научным достижениям большинству людей стала ясна примитивность доктрин, лежащих в основе верований, поэтому сейчас они могут удовлетворить только небольшую часть общества.

На сегодняшний день студенческое движение носит характер бунта, так как молодёжь не нашла ещё пока для себя тех идеалов и той структуры общества, за которые следует бороться. Процесс осмысления недовольства только начинается, и он продлится ещё несколько лет.

Итак, оказалось, что современное общество пока ещё не подготовлено, чтобы с пользой для себя употребить тот материальный достаток и тот досуг, которые дала ему научно-техническая революция. Некоторые буржуазные социологи указывают на то, что уже сейчас наблюдаются признаки дегенерации общества в наиболее развитых капиталистических странах. В последнее время начинают появляться во все возрастающем количестве социологические исследования вопросов достатка и досуга у широких масс. Поскольку нельзя остановить дальнейший рост материального благосостояния человечества и связанное с этим увеличение досуга, то все исследователи видят большую опасность, в этом

¹ Projections of Educational Statistics to 1977 — 1978. USA Printing Office, Washington, 1969, стр. 13, 30.

² Там же, стр. 12.

³ Youth in Turmoil, Time — Life Books, New York, 1969.

социальном процессе, если, его предоставить самому себе. Некоторые исследователи не видят выхода из положения и приходят к заключению, что в этом процессе может быть заложен конечный цикл современной цивилизации и её гибель¹. Есть высказывания, что неумение людей использовать свой достаток и досуг может стать для человечества не менее опасным, чем гибель от всеобщей атомной войны.

Конечно, такие заключения недоказательны и преждевременны. Выход из положения можно искать в двух противоположных направлениях. Первое, то, которое так ярко описано у Хаксли в его утопии, — это удовлетворение у широких масс во время досуга только их наиболее примитивных потребностей животного характера, воспитание у них с детства безразличия к духовным и социальным проблемам... Другой путь прямо противоположен — это воспитание в людях с молодых лет высоких духовных запросов, чтобы они с пользой для общества и с интересом для себя могли использовать свой досуг и достаток. Для этого надо дать людям и, прежде всего, молодёжи смысл существования, привить им интерес к решению социальных проблем, воспитывать в них духовные качества, необходимые для восприятия науки и искусства. Несомненно, прогрессивное человечество выберет этот путь. Поскольку воспитание и развитие духовных качеств человека в значительной мере определяются образованием, то это и есть та новая задача, которая выдвинута научно-технической революцией перед школой и перед высшими учебными заведениями.

До сих пор подход к образованию человека был скорее утилитарным. Его обучали для эффективного выполнения профессиональных функций — инженера, врача, юриста и пр. Это делалось для того, чтобы он в своё рабочее время более производительнее и сознательно работал. Теперь уже настало время, когда высшее образование становится необходимым всякому человеку для того, чтобы он научился использовать свой досуг и достаток с интересом для себя и с пользой для общества.

Каким же должно быть это образование?

На этот вопрос ответить определённо пока трудно, но общий характер такого решения можно предвидеть.

Я думаю, и жизненный опыт показывает, что наиболее удовлетворены своей работой люди творческого труда: учёные, писатели, художники, артисты, режиссёры и пр. Хорошо известно, что обычно люди этих профессий не разделяют своё время на рабочее и нерабочее. Они живут своей деятельностью, и смысл своего существования видят в своей работе. Мы наблюдаем, что любую работу можно сделать привлекательной и интересной, если в ней имеется элемент творчества. Конечно, при этом процесс творчества надо понимать широко, он проявляется у человека при любой деятельности, когда человек не имеет точной инструкции, но сам должен решать, как ему поступать.

Хорошо известно, что в современном производстве, когда оно имеет массовый характер, для достижения высокой слаженности в работе коллектива всё должно делаться точно по инструкции, а это ведёт к тому, что творческое проявление отдельного работника отсутствует; современное массовое производство для человека становится скучным и неинтересным. Это хорошо показано в фильме Чаплина «Новые времена».

Некоторые утописты давно предсказывали, что со временем каждый гражданин будет только часть своего времени работать на производстве, а другую часть времени будет тратить на выполнение интересной работы творческого характера в области науки и искусства. Такое решение вопроса нереально, поскольку жизненный опыт показывает, что для полезной работы в области науки и искусства нужен талант, и можно предположить, что лишь небольшой процент людей имеет достаточно природных дарований, чтобы они могли быть успешно использованы как профессиональные учёные, конструкторы, художники, писатели, артисты и пр. Поэтому сейчас задача ставится иная: как придать досугу рядового человека творческий характер, с тем чтобы он мог его любить и осмысленно ис-

¹ Gunther Stent The Coming of the Golden Age. A view of the End of Progress. The Natural History Press. Garden City, New York, 1969.

пользовать.

Жизнь показывает, что такая деятельность, в период досуга для большинства людей вполне осуществима. Она может лежать либо в области гуманитарных интересов, либо в области научно-технических, либо в области социальных проблем. Многие люди уже стали этой деятельности отдавать свой досуг. Но жизнь также показывает, что только тот человек может с интересом проводить свой досуг, который достаточно образован и, главное, приучен вносить в свою деятельность творческий элемент.

Чтобы пояснить это положение, приведу простой пример. Сейчас многие тратят свой досуг на путешествия. Если человек будет осматривать достопримечательные города, то для того, чтобы это было ему интересно, он должен быть подготовлен, например, знать историю. Наибольшее удовлетворение он получит, если самостоятельно осмыслит виденное и сопоставит это с историей других стран, или с современностью. Чтобы получить полное удовлетворение, он должен быть обучен этому, и это должно соответствовать его творческим способностям.

Итак, задача, поставленная перед образованием, заключается не только в том, чтобы давать человеку всесторонние знания, необходимые для того, чтобы стать полноценным гражданином, но и развивать в нём самостоятельность мышления, необходимую для развития творческого восприятия окружающего мира.

Творческие способности ума человека, как правило, выявляются рано, и их можно развивать уже в средней школе, но их характер и направление определяются обычно к 18 годам. Поэтому высшее образование, которое начинается с этого возраста, уже должно быть специализированным, согласно индивидуальным способностям человека. Но чтобы воспитывать у всех людей умение проводить досуг, государство, очевидно, должно будет предоставить всему населению возможность получать высшее образование независимо от того, нужно это для профессии человека или нет.

Оставляя теперь в стороне общие вопросы о большом социальном значении творческого воспитания молодёжи, я хотел бы поделиться приобретённым за свою многолетнюю научную и организаторскую деятельность опытом и конкретными соображениями о том, как следует вести преподавание, чтобы это не было только заучиванием фактических материалов и запоминанием законов природы, но воспитывало бы у молодёжи творческие способности.

Этим вопросом я давно интересуюсь вне зависимости от тех соображений о необходимости при обучении развития у человека творческих способностей в связи с увеличением у людей за последнее время недостатка и досуга, о которых я говорил вначале.

Вопрос отбора и воспитания молодёжи для творческой научной работы всегда является фундаментом успешного развития науки.

Поскольку воспитание человека начинается, по существу, в средней школе, рассмотрим в общих чертах, как оно должно быть преобразовано, чтобы удовлетворять поставленной перед ней задаче воспитания у учеников самостоятельности мышления.

До сих пор основной задачей среднего образования было накопление определённого количества сведений в различных областях знаний, необходимых каждому человеку, чтобы быть полноценным гражданином своей страны. Но при воспитании творческих способностей к ученику требуется индивидуальный подход, что в значительной мере осложняет обучение.

У юноши или девушки обычно довольно рано выявляется, где лежат их творческие способности — в области ли точных знаний или в области искусств и литературы. Школа, конечно, должна учитывать эту разницу в способностях молодёжи и всячески избегать насилия над природными склонностями учащихся. Я всегда исходил из того, что при воспитании будущего учёного раннее развитие его творческих способностей имеет исключительно большое значение и поэтому следует их развивать со школьной скамьи и чем раньше, тем лучше.

Воспитание творческих способностей в человеке основывается на развитии самостоя-

тельного мышления. На мой взгляд, оно может развиваться в следующих основных направлениях: умение научно обобщать — индукция; умение применять теоретические выводы для предсказания течения процессов на практике — дедукция; и, наконец, выявления противоречий между теоретическими обобщениями и процессами, происходящими в природе, — диалектика.

Нетрудно видеть, что наиболее подходящими областями для воспитания у молодёжи общего научного творческого мышления в естествознании являются математика и физика, так как здесь главным образом путём решения задач и примеров можно с раннего возраста воспитывать самостоятельность мышления. Если сравнить эффективность развития творческого мышления у молодых людей, посвятивших себя математике и физике, то, по-видимому, окажется, что область физики гораздо ближе к жизни и к возможностям научного изучения процессов в окружающей нас природе, тем более что уже на лабораторных занятиях школьник видит, как из наблюдений выводятся теоретические обобщения (индуктивный метод изучения природы). Решение задач приучает школьника к дедуктивному мышлению. Для воспитания же диалектического мышления преподаватель на ряде примеров может показать, как противоречие между теоретическими представлениями и экспериментом приводит в физике к новым научным открытиям.

Физика является весьма подходящим предметом для начального воспитания в юношестве творческого мышления в области естествознания. Это делает организацию преподавания физики в школе ответственной задачей.

Общепризнано, что большую пользу для развития творческого мышления в физике приносят практикумы, семинары, и следует особо отметить решение задач и организацию олимпиад, которые позволяют наиболее эффективно выявлять творческие способности юношества.

Наш опыт показывает, что задачи, которые дают обычно в сборниках, не всегда имеют тот характер, который воспитывает самостоятельность мышления. Обычно эти задачи сводятся, к тому, что надо подставить заданные данные в нужные формулы и тогда получишь определённый ответ. Самостоятельность ученика проявляется только в том, чтобы правильно выбрать формулы, в которые нужно подставить данные.

Мне думается, что следует ставить задачи менее определённо, давая ученику самостоятельно подбирать подходящие величины из опыта. Вот примеры таких простых задач. Предложить определить мощность мотора насоса, необходимого для поддержания струи, чтобы тушить пожар шестиэтажного дома. Или другая задача: каких размеров должна быть линза, чтобы собранные в её фокусе солнечные лучи раскалили железную проволоку. Очевидно, ученик сам из жизненного опыта или из справочника должен подобрать необходимые ему данные. Я предлагал задачи подобного рода, но, конечно, несколько более сложные, студентам. Студенты любят такие задачи, они не имеют точного решения, и это вызывает живое обсуждение.

Сейчас, чтобы более тщательно готовить для научной работы наиболее способную молодёжь как в Советском Союзе, так и в других странах, стали создавать специальные школы для особо одарённых детей.

В области искусств это, может быть, и оправдывает себя, поскольку творческие артистические способности к музыке, изобразительным искусствам и др. обычно определяются гораздо раньше, чем склонность к творческому мышлению в определённой области науки.

Но школы, созданные для избранной, одарённой молодёжи в области математики, физики, химии, биологии, оказываются даже вредными. Вред их заключается в следующем. Если талантливого школьника изъять из школы, то это её как бы обескровливает и сильно сказывается на уровне всей школы. Это объясняется тем, что способный товарищ может уделять своим одноклассникам гораздо больше времени, чем учитель, и взаимная помощь между ними налаживается проще и теснее. Талантливые школьники часто играют большую роль, чем учителя, для обучения своих товарищей. Но этого мало. Хорошо известно,

что в процессе обучения сам обучающийся учится. Чтобы объяснить товарищу теорему, надо хорошо её самому понять, и в процессе объяснения лучше всего выявляется своя собственная неполнота понимания. Таким образом, талантливым школьникам для своего умственного роста нужны товарищи, с которыми они могли бы заниматься. В школе для талантливой молодёжи такого взаимного обучения обычно не возникает, и это сказывается на эффективном развитии способностей. Конечно, есть ещё ряд других хорошо известных факторов, которые являются отрицательной стороной такого рода избранного воспитания, например, развитие среди учеников самомнения и самонадеянности, которые вредят нормальному росту молодёжи¹.

Хорошо известно, что при воспитании у молодёжи творческих способностей очень важна роль преподавателя. Тут мы встречаемся с большими трудностями, так как практически оказывается невозможным обеспечить среднюю школу, достаточным числом талантливых преподавателей, умеющих индивидуально подходить к ученикам и воспитывать в молодёжи самостоятельность мышления.

Большинство преподавателей ставят перед собой задачу передать ученикам определённое количество знаний и оценивают успеваемость ученика исходя из того, насколько твёрдо он их усвоил. К тому же и сама школа для оценки самостоятельности мышления не имеет критерия. Подбор подходящего типа преподавателей является для поставленной задачи наиболее трудной проблемой. Мне думается, что к решению этой проблемы есть путь, хотя он и не прост. Этот путь аналогичен тому, который мы широко применяем в одном из высших учебных заведений в Москве, созданном специально для подготовки научных работников в ведущие исследовательские институты, преимущественно находящиеся в ведении Академии наук СССР.

Основная идея, которую мы использовали, заключается в следующем. История науки показывает, что те учёные наиболее плодотворно ведут свои исследования, которые имеют учеников и вместе с ними работают. Это видно на примере самых крупных учёных. Например, Менделеев нашёл периодическую систему элементов, когда искал способ, как описать свойства элементов, чтобы их лучше могли запомнить студенты, которым он читал лекции по основам химии.. Молодой Лобачевский, когда преподавал геометрию в школе взрослых, проходящих курс средней школы, не находил удовлетворительного способа объяснения ученикам а priori очевидности постулата о непересекаемости параллельных линий и он открыл неевклидову геометрию. Стокс, составляя задачи для студентов по математике, предложил в одной из них доказать, что интеграл, взятый по контуру, просто связан с величиной потока, проходящего через этот контур. Теперь это называется теоре-

¹ После опубликования в «Комсомольской правде» части моего доклада, посвящённой преподаванию в средней школе, я получил ряд писем по этому вопросу, из которых видно, что я недостаточно чётко выразил свою мысль. Я не против специальных школ, но, вероятно, я иначе представляю себе задачи, которые они должны преследовать. На мой взгляд, специальные школы по сравнению с обычными должны преследовать задачи, аналогичные тем, которые преследует клиника по сравнению с больницами.

Клиника изучает и отрабатывает новые методы диагностики и лечения, и для этого имеет наиболее квалифицированный персонал и её задача — внедрять передовые методы в жизнь и этим поднять уровень медицинского обслуживания больных в обычных больницах. При этом, конечно, клиники должны быть специализированными по определённым видам заболевания. Полезность и необходимость такой организации в здравоохранении общепризнаны и не вызывают сомнений. То же должно иметь место и при развитии образования.

Задача специальных школ — изучать и разрабатывать передовые методы обучения и воспитания. Спецшколы должны иметь хорошо подобранные кадры преподавателей и образцовую организацию. Конечно, такие школы не могут охватывать обучение по всем областям знания и должны быть специализированы по отдельным дисциплинам, как математика, физика, биология и пр. Я считаю, что повышение уровня преподавания в стране в широких масштабах и должно быть основной задачей спецшкол. Если это так, то из этого следует, что характер организации этих школ, отбор преподавателей и учеников должны быть согласованы с этой задачей.

Спецшколы по основным отраслям знания, задачи которых разрабатывать и внедрять наиболее передовые методы преподавания в масштабе всей страны, всегда будут нужны.

мой Стокса, хотя на самом деле он никогда не публиковал её доказательства и предоставлял доказывать самим студентам. Как известно, эта теорема стала фундаментальной, поскольку она легла в основу уравнений Максвелла. В своём знаменитом трактате Максвелл при выводе своих уравнений ссылается на сборник задач, составленный Стоксом. Эти примеры можно продолжить до наших дней. Так Шрёдингер нашёл свои знаменитые уравнения в процессе объяснения работы де Бройля группе аспирантов Цюрихского университета, где он делал это по просьбе Дебая, который и рассказал мне о том, как были найдены основные уравнения квантовой механики.

Исходя из этого, в ряде исследовательских институтов мы предлагаем молодым научным сотрудникам читать небольшие курсы лекций студентам и вести с ними семинары, обычно по специальным предметам. Это отнимает у них не более одного рабочего дня в неделю. Введена хорошая оплата за эту работу. Мы считаем, что в результате молодой научный работник получает не меньшую пользу, чем сами студенты. Бывали случаи, когда молодые научные сотрудники по собственной инициативе шли в среднюю школу и преподавали физику в старших классах; это тоже давало положительные результаты.

Мне думается, что вполне возможно организовать преподавание физики в старших классах средних школ, используя те же принципы и привлекая к этому молодых научных работников из исследовательских институтов. Это будет полезно и им, и ученикам, трудность тут в организации. Ведь надо, чтобы для научных работников это не было обременительной нагрузкой и не занимало больше одного рабочего дня в неделю. Но в средней школе это вызывает ряд организационных затруднений в распределении работы. Возникает необходимость в большом числе преподавателей, так как каждый из научных сотрудников не сможет уделить школе много времени, что, в свою очередь усложняет работу административного аппарата.

В заключение хочу ещё раз подчеркнуть: нет сомнения, что для правильного обучения современной молодёжи нужно воспитывать в ней творческие способности и делать это надо с учётом индивидуальных склонностей и способностей человека, начиная со школьной скамьи и продолжая в высших учебных заведениях. Это фундаментальная задача, от решения которой может зависеть будущее нашей цивилизации не только в одной стране, но в глобальном масштабе, задача не менее важная, чем проблема мира и предотвращения атомной войны.

Чтобы человечество развивалось по пути гуманизма, культуры и социального прогресса, все мы, учёные и люди интеллектуального труда, должны принимать активное участие в разработке вопросов, связанных со здоровым и прогрессивным воспитанием нашей смены.

Резерфорд и молодые исследователи¹

Мне особенно приятно иметь честь открыть этот коллоквиум, так как не только как учёный я преклоняюсь перед фундаментальным вкладом, сделанным Резерфордом в познание радиоактивности и строения атома, но также потому, что мне посчастливилось быть среди его учеников. В развитии моей научной работы я многим обязан его доброму ко мне отношению. За 13 лет, проведённых мною в Кавендишской лаборатории, я многому научился от него и не только как от большого учёного, но и как от руководителя и организатора одной из самых выдающихся школ физики своего времени.

Сейчас собравшиеся здесь учёные сделают ряд интересных докладов о Резерфорде. Большинство из этих докладов будут сделаны сотрудниками Резерфорда, которые, как и я, начали свою научную карьеру в Кавендишской лаборатории; мы услышим доклады Аллибона, Фезера, Льюиса, Шенберга. Нас осталось уже мало и, к сожалению, не смогли прие-

¹ Доклад на открытии коллоквиума, посвященного 100-летию со дня рождения Резерфорда. Москва, 20 августа 1971 г.

хоть ни Блэкетт, ни Чадвик, ни Олифант, ни Эллис. Они примут участие в юбилее, который будет происходить в октябре в Англии в Королевском обществе в Лондоне и в Кембриджском университете,

Открывая сегодняшнее собрание, в своём докладе я не буду говорить о Резерфорде ни как об учёном, ни как об учителе, но я хочу на примере деятельности Резерфорда коснуться одного более общего вопроса, роли большого учёного — творца в развитии науки.

Этот вопрос ставился уже не раз, так как он имеет важное значение в организации науки. В упрощённой форме этот вопрос заключается в следующем: наука — это познание человеком законов Природы; эти законы едины, поэтому путь развития науки предопределён, и ни один человек не может его изменить. Следовательно, гений Резерфорда, как и других больших учёных, не может менять пути развития науки. Но если это так, то, может быть, гениального человека можно заменить коллективом менее способных людей и при этом успех их научной работы в полной мере может быть обеспечен её хорошей организацией, т. е. заменить качество количеством? При высказывании такого мнения отмечалось, что на практике это и проще, и надёжнее, чем возиться с гениями, которые к тому же часто бывают непокладистыми людьми.

Такую точку зрения мне приходилось слышать от очень ответственных общественных деятелей. В ней есть доля правды, так как хорошо организованные институты, несомненно, способствуют развитию науки, но я не думаю, что научные институты могут успешно работать без крупных руководителей и ведущих учёных. Например, из истории хорошо известно, что войскам без хорошего полководца не удаётся успешно побеждать. Вопрос, который следует разобрать, может ли армия учёных успешно завоёвывать природу без своих крупных полководцев.

Как известно, развитие науки заключается в нахождении новых явлений природы и в открытии тех законов, которым они подчиняются. Чаще всего это осуществляется благодаря тому, что находят новые методы исследования. Создание чего-либо нового, до этого не существовавшего, мы относим к творческой деятельности человека, и это признаётся наиболее высокой духовной деятельностью людей. Одарённость к творческой деятельности и определяет талантливость человека и не только как учёного, но также писателя, художника, музыканта и даже полководца и государственного деятеля.

Значимость творческого таланта хорошо иллюстрируется следующим примером, который, насколько мне известно, был ещё давно предложен Джинсом. Положим, у нас есть X число пишущих машинок, и за каждой машинкой сидит обезьяна, умеющая только ударять по клавишам, т. е. существо, полностью лишённое творческих способностей в области литературы. Спрашивается; каково должно быть число таких машинок-обезьян, чтобы одной из них посчастливилось написать, скажем, «Гамлета», т. е. одно из самых выдающихся произведений мировой литературы, созданное гением Шекспира? Задача решается просто. Вот её решение. Положим, при использовании всех клавиш и регистров современной машинки, чтобы первая буква была правильна, нужно 100 независимых ударов обезьянами и такое же число машинок. Тогда, чтобы n начальных букв совпали с текстом «Гамлета», число обезьян $X = 100^n = 10^{2n}$. Таким образом получаем довольно неожиданный результат.

Чтобы совпали только первые 40 букв, т. е. меньше первой строчки текста «Гамлета», число обезьян X должно быть около 10^{80} , а это число атомов во всей вселенной, такой, как она представляется современным астрономам.

Конечно, задача таким путем ещё не полностью решена, напечатанное обезьянами нужно ещё прочесть и найти искомый текст. Чтобы осмыслить напечатанное, нужен человеческий ум, хотя бы и без творческих способностей, но способный критически оценить литературное качество напечатанного.

Приведённая задача, конечно, не реальна, никто не предлагает создавать научные институты из обезьян, но всё же эта задача хорошо иллюстрирует необходимость тщательного подбора сотрудников научных институтов из людей с творческим дарованием, так

как в науке каждый плохо осмысленный поиск почти сразу, как и в случае с обезьянами, понижает вероятность успешного решения поставленной задачи до нуля.

Если бы мы умели определять творческие способности человека количественно, то мы могли бы решать важную задачу при организации науки, а именно предопределять возможность решения той или иной научной проблемы в зависимости от качества творческих способностей подобранных кадров. Пока, к сожалению, мы не умеем количественно решать такие задачи. Но житейский опыт показывает, что успех работы научного института полностью зависит от творческих качеств выбранного коллектива. Математики сказали бы, что, как и в случае с обезьянами, эта зависимость является экспоненциальной функцией, при этом в показатель степени должны входить творческие способности всего коллектива; этот показатель велик, и поэтому достаточно небольшого его понижения, чтобы творческая деятельность научного учреждения почти сразу становилась никчёмной. Но также справедливо и обратное — появление даже одного крупного учёного сразу будет сильно повышать эффективность деятельности всего коллектива.

Действительно, история науки показывает, как хорошо подобранная школа научных работников (обычно она создаётся крупным ученым) исключительно эффективно двигает науку вперёд. Ярким примером такой школы была школа, созданная Резерфордом в Кавендишской лаборатории.

Рассматривая эффективность деятельности научного учреждения, не следует упускать ещё один существенный фактор, необходимый для успешной творческой деятельности людей как науки, так и искусства, — это здоровая общественная оценка творческих достижений. В задаче Джинса это соответствует тому, что нужны ещё компетентные люди, которые умели бы отбирать тексты, написанные обезьянами по их литературным качествам.

Поэтому эффективная творческая работа как в науке, так и в искусстве невозможна без участия широкой культурной общественности.

Я хотел в связи с этим напомнить об одном разительном историческом примере, об исключительно высоких достижениях творческой деятельности людей, но не в области науки, а в области искусства в эпоху Возрождения в Италии.

Перед искусствоведами-историками давно стоит вопрос: почему в Италии, тогда небольшой стране, и на сравнительно коротком промежутке времени почти сразу появился ряд выдающихся художников, как Рафаэль, Тициан, Микеланджело, Леонардо, Корреджо, Боттичелли, Тинторетто и другие. В дальнейшие пять веков нигде больше такой плеяды гениев не возникало. Спрашивается, является ли это следствием счастливой случайности или это проявление исторической закономерности? Я думаю, что в своём замечательном труде «Философия искусства» Тэн даёт правильное объяснение причин появления этой гениальной плеяды. Он показывает, что во время Возрождения творческие таланты могли так успешно развиваться благодаря существовавшему тогда отношению общественности к искусству. В экономически процветающей Италии в силу исторически сложившихся обстоятельств появилась широкая общественность, которая умела высоко ценить изобразительное искусство, правильно его понимала и поддерживала наиболее талантливых его представителей.

Аналогично плеяда выдающихся учёных-физиков, как Максвелл, Релей, Томсон, Резерфорд, которые один за другим руководили Кавендишской лабораторией Кембриджского университета, не могла бы возникнуть, если бы там и вообще в Англии в то время не существовало бы культурной научной общественности, правильно оценивающей и поддерживающей деятельность учёных.

Исторический опыт показывает, что число людей, обладающих достаточными творческими способностями, чтобы оказывать заметное влияние на развитие как науки, так и искусства, очень мало. Это видно, например, из отношения числа научных работ, которые печатаются, к числу научных работ, которые действительно оказали влияние на развитие науки. То же относится к числу написанных художниками картин, тех, которые можно

назвать, произведениями искусства. Маркс объяснил исключительно высокую стоимость шедевров больших мастеров тем, что в их цену входят расходы на всё то большое количество написанных картин, которые не имеют художественной ценности. Такой же жёсткий отбор достойных произведений происходит и в литературе и в музыке.

Очевидно, чтобы в стране успешно развивались наука и искусство, должен существовать большой набор научных работ и произведений искусства, чтобы из них происходил отбор той небольшой части, которая только и двигает науку и развивает художественную культуру. Для этого отбора и должно существовать здоровое общественное мнение, которое могло бы справедливо и квалифицированно оценивать лучшие работы.

Поэтому здоровая организация науки в стране обеспечивается не только хорошими условиями для научной работы, но и созданием условий для правильной оценки результатов этих работ. Теперь во всех странах это лучше всего обеспечивается специальными общественными органами, как Академии наук, научные общества, научные советы и пр. Благодаря интернациональному значению науки стала возможной более объективная оценка путём создания международного общественного мнения. Это достигается широким общением учёных на симпозиумах, конгрессах, переводом научных статей на иностранные языки и др.

Сейчас с увеличением роли науки в развитии техники, хозяйства и культуры страны научные работы стали поглощать заметную долю государственных расходов, и эффективная организация научных работ становится крупной государственной проблемой.

Организации науки нельзя давать развиваться стихийно, нужно изучать закономерности развития коллективной научной работы, мы должны уметь отбирать творчески талантливых людей. И это должно делаться на основании изучения опыта деятельности больших учёных и больших организаторов научной работы, каким и был Резерфорд.

Самое важное и трудное в организации науки — это отбор действительно наиболее творчески одарённой молодёжи и создание тех условий, при которых их талант мог бы быстро развернуться в полную меру. Для этого нужно уметь оценивать творческие способности у молодёжи, когда они только начинают свою научную работу. Основная ошибка, которая тут нередко делается, это то, что у молодёжи её познавательные способности и эрудиция часто принимаются за творческие качества.

В биографии Резерфорда есть один поучительный эпизод. Когда он был ещё начинающим ученым в Новой Зеландии, там делался отбор из оканчивающих университет с тем, чтобы наиболее одарённому дать стипендию для продолжения научной работы в Кембридже. Я не помню, кто был первым кандидатом, но Резерфорд был выбран вторым. Как известно, только случайно первый кандидат не поехал и поехал Резерфорд. Из истории науки известно, что такие ошибки в отборе делаются часто, и обычно их причина лежит в недостаточном умении оценивать творческие качества начинающего учёного и в преувеличенной оценке его способностей заучивать фактический материал.

Изучение ранних работ такого большого учёного, как Резерфорд, с этой точки зрения имеет большой интерес, так как показывает генезис развития его творческих качеств. Эти работы теперь почти забыты, поскольку методы, которыми они были сделаны, теперь устарели и количественные результаты теперь во много раз точнее. Но какой важный материал они дают, чтобы видеть, как проявлялся творческий талант Резерфорда!

Изучая эти работы, видим, что с самого начала его деятельности Резерфорда нельзя отнести к учёным с большой эрудицией. Но его творческое воображение и смелость в построении научных гипотез, интуитивное чутьё являлись главными факторами, определившими успех в его научных изысканиях.

Конечно, теперь это всё хорошо известно по тем фундаментальным открытиям, которые сделаны Резерфордом. Главная трудность задачи, стоящая перед организатором науки, это уметь обнаруживать талант у таких учёных, как Резерфорд, когда, они еще молоды.

Сейчас сравнительно мало интересуются оригинальными работами великих классиков

науки. Обычно знакомятся с их достижениями в учебниках, монографиях, энциклопедиях. Конечно, с познавательной целью это вполне оправдано, но для учёного, которому предстоит стать руководителем молодёжи, организатором научной работы коллектива, главным фактором, обеспечивающим успех его деятельности, явится отбор кадров по их творческим качествам. Одним из наиболее действенных путей для того, чтобы научиться оценивать творческие способности молодёжи, является изучение оригинальных работ больших учёных. Этим нельзя пренебрегать. Меня лично знакомство с работами таких ученых, как Максвелл, Релей, Кюри, Лебедев, научило многому и, кроме того, это доставляет ещё эстетическое наслаждение. Проявления творческого таланта человека всегда красивы, и ими нельзя не любоваться!

Мой жизненный опыт показывает, что в оценке творческих качеств молодых учёных и проявляется основной талант руководителя научного института. Без этих способностей учёный не может подобрать сильный научный коллектив для своей школы.

Несомненно, Резерфорд был одним из самых одарённых организаторов науки, и его главный талант состоял в умении отбора молодых учёных по их творческим способностям. Резерфорд умел также правильно оценить характер способностей учёного, что исключительно важно для успешного развития его творческого дарования.

Отвечая на вопрос, поставленный вначале о роли личности в развитии науки, и подводя итог сказанному, приходим к заключению, что, хотя путь науки предопределён, но движение по этому пути обеспечивается только работами очень небольшого числа исключительно одарённых людей. Качество отбора творчески одарённых учёных и есть основной фактор, обеспечивающий высокий уровень развития науки. Очень важно для успешного развития науки создание благоприятных условий для развития природных талантов учёного, для этого надо делать творческую работу привлекательной. Это следует делать общественным организациям, которые, давая правильные оценки достижениям учёных, также давали бы им почувствовать, что их деятельность нужна и полезна человечеству. В науке общественную оценку следует делать в интернациональном масштабе, поскольку научные достижения принадлежат всему человечеству.

Такие люди, как Резерфорд, перестают быть только национальной гордостью того государства, где они родились и работали, они становятся гордостью всего человечества.

Слово к юбилею института¹

Обычно я избегаю говорить на юбилеях, так как не знаю о чём говорить, но когда меня попросили выступить на 50-летию Физико-технического института, я не мог отказаться.

Здесь много и справедливо будут говорить об исключительных достижениях ФТИ и о его замечательном основателе Абраме Фёдоровиче Иоффе. Хорошо известно, что этот институт — ведущее научное учреждение не только в нашей стране. Также хорошо известно, что он воспитал основные кадры наших физиков. Вообще можно много говорить о той громадной роли, которую играл сам Абрам Фёдорович в создании физики в нашей стране. Мы, которые тогда помогали ему в его работе, радуемся и гордимся достигнутыми результатами. Обо всём этом я не собираюсь говорить, но я думаю, интересно и полезно разобрать вопрос, почему же наш Физико-технический институт так успешно развивался и почему он продолжает быть одним из ведущих институтов нашей страны?

Мне кажется, есть одна особенность в жизни ФТИ, которая недостаточно оценивается и которая, если не решающая, то является очень важной для успеха его деятельности. То, о чём я собираюсь говорить, не тривиально и я начну несколько издалека.

Несомненно, если мы празднуем юбилей, значит у института есть возраст. Если у института есть возраст, значит, он родился. А всё, что рождается, умирает — в этом диалек-

¹ Выступление на торжественном собрании в Таврическом дворце, посвященном 50-летию Физико-технического института АН СССР им. А. Ф. Иоффе. Ленинград, 2 декабря 1968 г.

тика развития природы. Умирают инфузории, умирает человек, умирают учреждения, умирают государства. И, наконец, умирает вся наша планетная система. Если что рождается, оно неизбежно должно умереть и это также значит, что оно имеет возраст.

Что такое 50 лет для научного института? Какому возрасту это соответствует? Это юность? Зрелость? Старость? Вот на этом вопросе я сперва и останавлиюсь. Как определить возраст института.

Возраст человека мы привыкли просто определять по широкому опыту. Мы хорошо знаем, что после 50 лет начинают проявляться так называемые склеротические явления, признаки развития старости. И такие же явления должны развиваться и у учреждения. Какие же соответственные склеротические явления развиваются в учреждениях? По аналогии их нетрудно определить. Перечислим некоторые из основных.

У человека появляется старческая обжорливость, т. е. человек ест больше, чем он может полезно переварить. У института тоже появляется обжорливость — он поглощает больше средств, чем он может полезно освоить.

Есть ещё одно проявление старости — у человека образуются клетки, которые не принимают активного участия в деятельности организма, обременяют его и вызывают так называемое старческое ожирение. Такие же процессы происходят и у учреждения. Со временем появляются кадры, которые не принимают активного участия в работе. Они обременяют институт и от них, как известно, освободиться почти невозможно.

Укажем ещё на следующее склеротическое явление. Это старческая болтливость. Как известно, она проявляется в том, что человек начинает много говорить и, когда он излагает свои мысли, он мало считает с тем, как реагируют слушатели или аудитория. Этим и характерна старческая болтливость. У института это тоже имеет место. Он начинает печатать большое количество работ, не считаясь с тем, нужны они или не нужны. Это тоже склеротическое явление.

Мы знаем, что с возрастом у человека теряется способность к размножению, то же самое может наблюдаться и у института. Опыт показывает, что здоровая жизнедеятельность научного института сопровождается воспитанием молодёжи, кадров, которые, отпочковываясь, создают самостоятельные институты и лаборатории, в которых развиваются новые направления. Если институт перестаёт это делать, то это проявление старческого склероза.

Но есть одно проявление старческого склероза как у учёного, так и по аналогии у научного института, которое наиболее сильно влияет на их здоровую деятельность. Оно заключается в следующем. Когда учёный молод, в расцвете своих сил, он наиболее активно работает, тогда он осваивает прогрессивную методику исследования, вырабатывая свой образ мышления, у него создаётся кругозор, который он обычно сохраняет до конца жизни. Во второй половине жизни, уже в зрелом возрасте, он работает на основе опыта и методов, освоенных им в первом периоде его научной деятельности, он хуже воспринимает новое и отстаёт от прогрессивного развития науки. Это одно из наиболее печальных проявлений старости. Мы видим, что даже такой гениальный человек, как Эйнштейн, в последние десятилетия своей жизни не воспринимал новые идеи квантовой теории, например принцип неопределённости, и хорошо известна та большая дискуссия по этому вопросу, которая у него возникла с Бором. Такие возрастные явления мы очень часто наблюдаем у учёных.

Чтобы охарактеризовать аналогичные процессы в научном институте, я думаю, что лучше всего воспользоваться той аналогией, которой сейчас часто пользуются, чтобы популярно описать организацию научных работ. Она заключается в том, что учёные — это армия, которая завоёвывает природу с тем, чтобы её покорить и поставить на службу человечеству. Эта армия образует непрерывный фронт, охватывающий все области науки и по всем направлениям. Этот фронт проходит не только в одной стране, но распространяется на все страны, поэтому учёные являются воинами одной интернациональной армии, боевые действия которой имеют общую задачу — покорение природы.

Если мы разовьём эту аналогию дальше, то увидим, что на непрерывном фронте есть участки, где действия ведутся наиболее активно, и есть участки, где ведется позиционная война. На тех участках, где происходит большая активность, происходит прорыв фронта и проникновение в новые научные области. Прорыв фронта обычно связан с открытиями новых явлений в природе или с нахождением новой методики исследования, или с созданием новой теории. При этом достигаются наиболее крупные победы над природой. Жизнь показывает, что активные действия в какой-либо области науки в зависимости от масштабов прорыва длятся не более 5 — 10 лет. Когда они кончаются, то фронт переходит в состояние позиционной войны и подготовки к следующему прорыву. Очень часто мы наблюдаем, что в научном институте не замечают окончания активных действий на таком участке фронта и продолжают держать там крупные силы, вместо того чтобы перевести их на тот участок фронта, где возникает новый прорыв. Таким образом, получается, что лучшие научные силы плохо используются, и происходит вырождение научной работы института. Когда научная работа в институте перестаёт охватывать передовые направления в науке, то это следует рассматривать как проявление старческого склероза.

Можно ли бороться с этим проявлением старости? Я думаю, что можно, как у человека, так и в научных учреждениях. Какие же средства существуют, чтобы бороться с проявлением старости?

Жизнь показывает, что есть одно основное средство и, может быть, оно даже единственное, для борьбы со старостью. В чём оно заключается, я лучше скажу словами Резерфорда. Он говорил мне: «Капица, я себя чувствую молодым, потому что я работаю с молодёжью».

Иметь учеников и работать с молодёжью — это самое верное средство для учёного сохранить молодость и не отставать от прогресса в науке.

То же самое относится к научному институту. Если научный институт активно пополняется хорошо отобранными молодыми силами, серьезно занимается воспитанием молодых учёных и смело поручает им ответственные задания, в таком институте перестают развиваться явления, связанные со старческим склерозом. Вот такая жизнь — связь с молодёжью — всегда была в ФТИ и я уверен, что благодаря этой связи он был передовым, не стареющим научным учреждением. Живая связь с молодёжью у ФТИ образовалась естественным путём, так как он возник при Политехническом институте, где группа молодых преподавателей, занимающихся научной работой под руководством Абрама Фёдоровича Иоффе, стала тем ядром, из которого вырос ФТИ. С тех пор между этими учреждениями неизменно существовала тесная связь. Отбирая лучшую молодёжь из Политехнического, ФТИ в процессе научной работы продолжал их учить и воспитывать. Это и есть тот источник молодости ФТИ, благодаря которому он всегда оставался передовым институтом.

Это хорошо подтверждается тематикой, которой он занимался все 50 лет, она всегда относилась к актуальным проблемам современной физики. Когда институт возник, он начал работать над строением атома. В те годы это была самая передовая тематика. Скоро после этого стала развиваться квантовая теория и опять же это была основная тема института. Потом он перешёл на ядро, потом на полупроводники, потом на плазму. Всегда это были наиболее передовые направления мировой науки. Институт не боялся менять тематику. Не трудно видеть, что у нас в стране некоторые крупные институты как раз страдают тем, что боятся менять тематику, и тогда оказывается, что вся работа института переходит на «позиционную войну».

Уже давно мы обратили внимание, что участие хорошо подобранных и подготовленных молодых кадров из Политехнического института является большим преимуществом ФТИ перед теми научными институтами, которые изолированы от вузов. Когда после войны у нас в стране стала быстро расти наука, группа московских академиков решила, что следует развивать эту плодотворную связь между научным институтом и вузом. Мы считали, что эту связь следует организовать более широко. Для этого надо создать одно

специализированное учебное заведение, которое бы воспитывало молодёжь совместно с рядом научно-исследовательских институтов.

Так возник Московский физико-технический институт (МФТИ), который в сотрудничестве с институтами, которые мы назвали базовыми, воспитывает для этих институтов кадры молодых учёных. Первые два-три года все студенты обучаются в МФТИ общим предметам, как физика, математика, механика и др. Дальнейшее специализированное обучение происходит в базовых институтах, где студенты сразу же начинают принимать участие в научной работе. При такой системе обучения после защиты диплома базовый институт отбирает себе действительно наиболее способное и уже обученное для научной работы в этом институте пополнение. Сейчас, после 20 лет существования МФТИ, опыт показал большую пользу такой связи научных учреждений с вузом. Оказалось, что воспитанная и отобранная таким образом молодёжь действительно становится ведущими научными работниками исследовательских институтов.

Таким образом, те новые идеи, которые возникли при создании Физико-технического института, нашли широкое распространение и оказали влияние на организации научной работы в нашей стране. И я хотел бы пожелать Физико-техническому институту и после своего 50-летия оставаться таким же молодым, таким же далёким от старости и передовым ещё много, много лет.

Содержание

К ЧИТАТЕЛЯМ	3
ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ	4
Пояснения автора к задачам	14
Примеры решения задач	17
ТВОРЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ МОЛОДЁЖИ	24
РЕЗЕРФОРД И МОЛОДЫЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ	36
СЛОВО К ЮБИЛЕЮ ИНСТИТУТА	42

ПЁТР ЛЕОНИДОВИЧ КАПИЦА

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

Редактор И. Б. Файнбоум

Обложка Л. П. Ромасенко

Худож. редактор В. Н. Конюхов

Техн. редактор Т. В. Пичугина

Корректор Р. С. Колокольчикова

А01604. Сдано в набор 24.III 1972 г. Подписано к печати 17.V 1972 г.
Формат бумаги $60 \times 90^{1/16}$. Бумага типографская № 3. Бум. л. 1,5. Печ.
л. 3,0. Уч.-изд. л. 3,15. Тираж 48 370 экз. Издательство «Знание». Москва,
Центр, Новая пл., д. 3/4. Заказ 721. Типография Всесоюзного общества
«Знание». Москва, Центр, Новая пл., д. 3/4.

Цена 9 коп.

Сканирование, OCR — Айвазьян Владимир

9 коп.

Индекс 70102