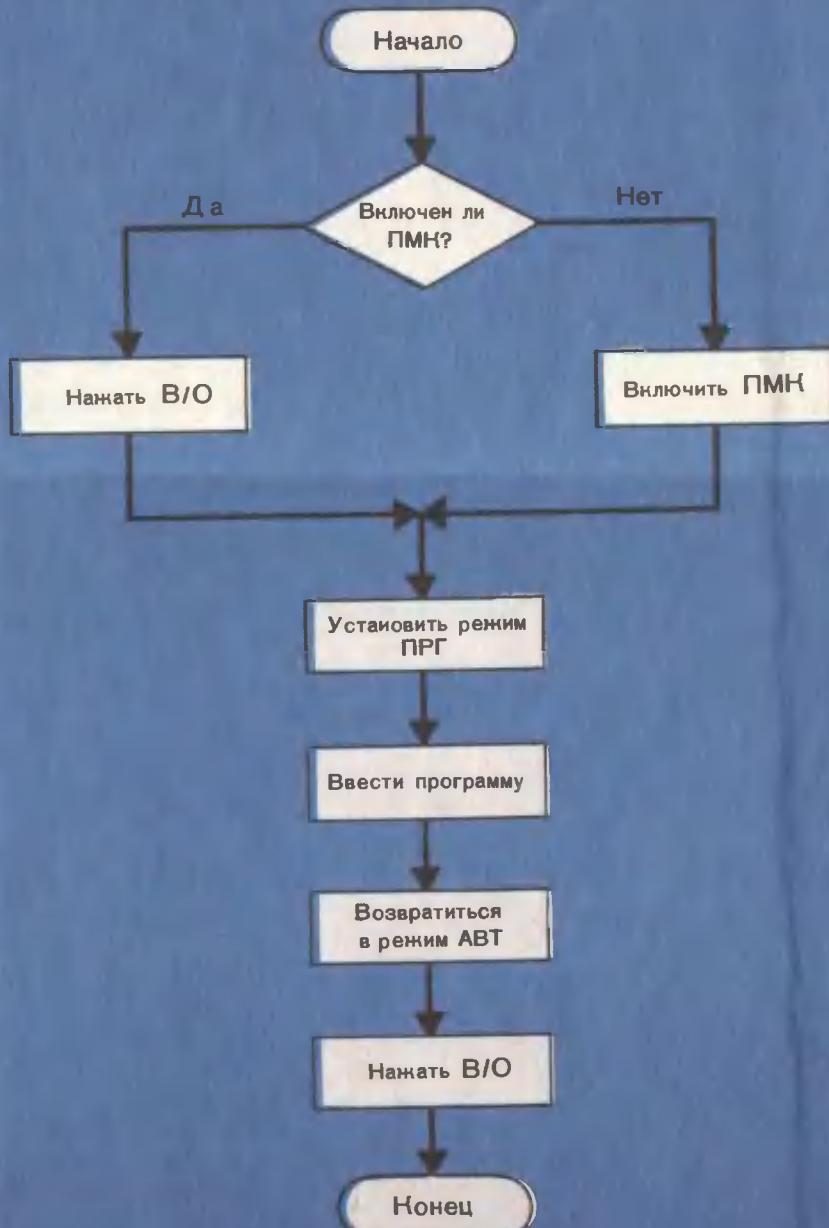


Из серии
работы

Б.И.ДЕГТЯРЕВ
И.Б.ДЕГТЯРЕВА
С.В.ПОЖИДАЕВ

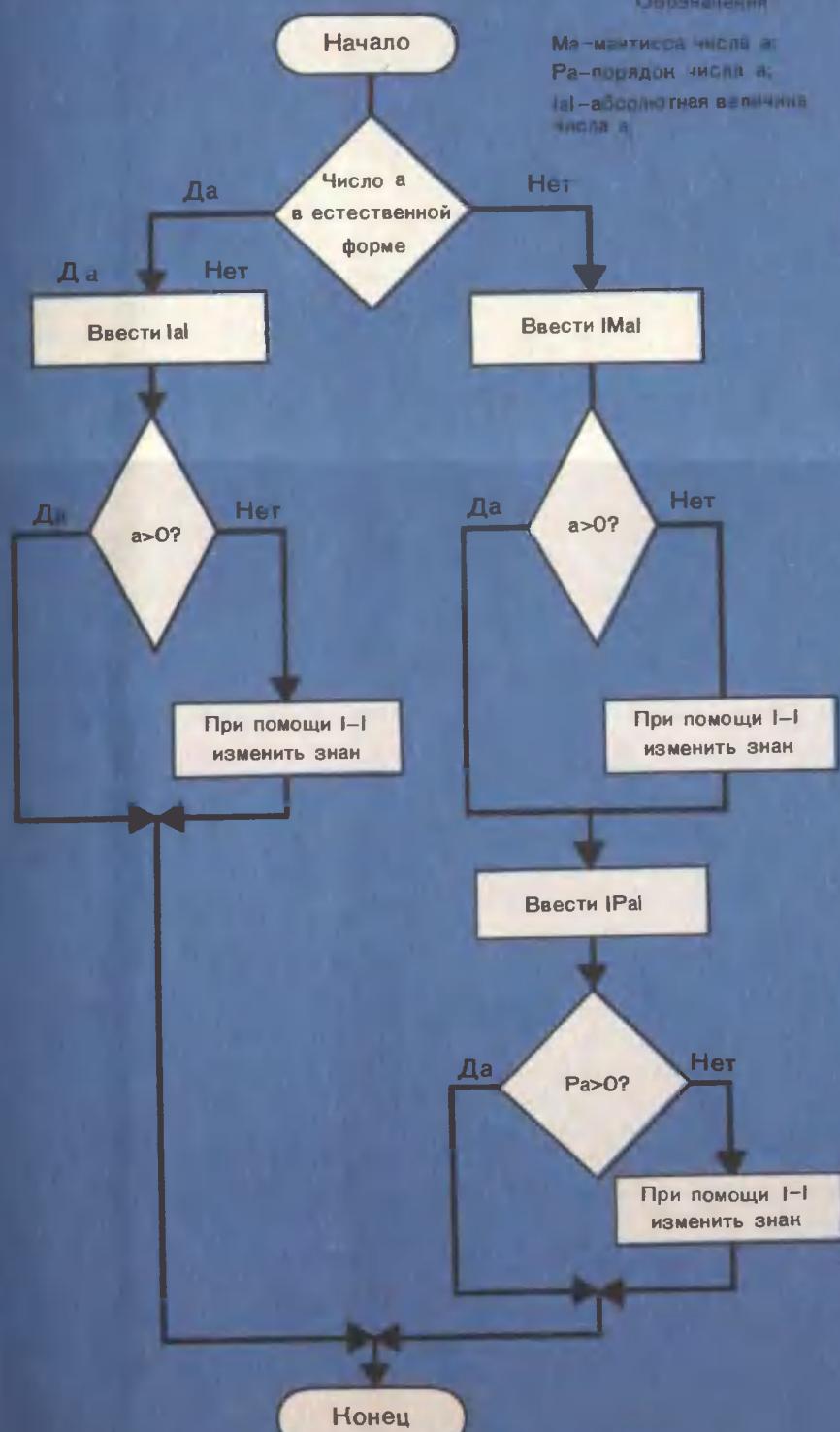
**РЕШЕНИЕ
ЗАДАЧ
ПО ФИЗИКЕ**
на программируемых
микрокалькуляторах

„Просвещение“



Программа заполняется по команде СП. Если в программе вызываются тригонометрические функции, нужно перед турном программы установить переключатель „Р-Г“ в соответствующее положение.

Алгоритм ввода программы в ПМК



Алгоритм ввода чисел в ПМК

Б.И.ДЕГТЯРЕВ
И.Б.ДЕГТЯРЕВА
С.В.ПОЖИДАЕВ

**РЕШЕНИЕ
ЗАДАЧ
ПО ФИЗИКЕ**
**НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ
МИКРОКАЛЬКУЛЯТОРАХ**

Книга для учителя

**из опыта
работы**

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1991

Рецензенты:

зав. кабинетом информатики и вычислительной техники МГИУУ Н. Д. Угринович,
учитель физики школы № 863 Москвы И. А. Осокина

ПРЕДСЛОВИЕ

Компьютерный всеобуч предполагает обновление учебного процесса на основе ЭВМ с использованием прикладных обучающих программ и машинных способов обработки информации, в том числе и для решения задач. Школьники должны знать основные этапы решения задач с помощью ЭВМ, возможности калькулятора как вычислительного средства исполнителя, уметь выделять этапы решения задач, использовать прикладные программы, составлять алгоритмы для решения задач из школьных курсов математики, физики, химии. Программой-минимум на ближайшие годы является ориентация на программируемые микрокалькуляторы (ПМК).

Эта книга является обобщением многолетнего опыта ряда учителей, которые успешно работают на уроках физики, применяя малые и большие вычислительные машины.

Пособие содержит программируемое решение задач на ПМК по темам курса физики IX–XI классов в соответствии с программой одиннадцатилетней школы, где преподаются основы информатики и вычислительной техники.

На уроках физики учащиеся должны научиться вводить прикладные программы в ПМК и работать с ними. Программированное решение физической задачи включает в себя прикладную программу как шаг плана решения. Механическая часть решения задачи выполняется ПМК. Решение задач учащимися должно сводиться к анализу физической ситуации и построению математической модели. Для одной задачи из каждой главы приведено полное решение, включающее в себя собственно программу лишь как шаг плана решения. В каждой задаче с помощью программы и ПМК можно провести исследование физической ситуации в зависимости от различных значений параметров, заданных учителем.

На уроках информатики учащиеся должны пройти путь от механического пользователя до составителя программ. Они должны научиться оптимизировать предложенные в книге программы.

Каждый параграф глав 1–15 содержит:

- условие задач в общем виде;
- математическое описание задач;
- расчетные формулы;
- прикладную программу для ПМК;
- время вычисления, указанное в программе;

Дегтярев Б. И. и др.

Д26 Решение задач по физике на программируемых микрокалькуляторах: Кн. для учителя: Из опыта работы/ Б. И. Дегтярев, И. Б. Дегтярева, С. В. Пожидаев.— М.: Просвещение, 1991.— 256 с.: ил.— ISBN 5-09-001320-9.

Книга содержит программное обеспечение для решения задач школьного курса физики на ЭВМ.

Д 4306010000-341 КБ-10-83-1990
103(03)-91

ББК 74.265.1

ISBN 5-09-001320-9

© Дегтярев Б. И., Дегтярева И. Б., Пожидаев С. В., 1991

- инструкцию к программе для ПМК;
- контрольную задачу для решения по программе;
- решение контрольной задачи на ПМК;
- алгоритм на школьном алгоритмическом языке, ориентированный на решение контрольной задачи;
- рекомендуемые задачи для решения по программам.

Составление программ для ПМК — это творческий процесс учителя и учащегося. Экономия времени на вычислениях за счет применения ПМК позволяет провести более глубокий анализ физической сущности явления или процесса, представленного в задаче.

При использовании ПМК отпадает необходимость округлять исходные и промежуточные числовые данные. Однако бессмысленно «списывать» результат с индикатора ПМК без его предварительного округления. Такой подход повышает качество выполнения приближенных вычислений.

В ряде задач методически целесообразно производить решение поэтапно, анализируя промежуточные результаты.

Индекс И в инструкциях к программам однозначно соответствует номерам задач в общем виде, представленных в параграфе. Индекс — это не номер задачи. Он используется для сокращения операций программирования алгоритмов решения задач. Индекс «выбирает» программу решения вычислительной задачи. Если индекс в программе не указан, значит, все задачи на данную программу решаются по одному алгоритму. В программах указан полный перечень возможных переменных. Если по условию задачи одни из них не входят в число известных величин, то в соответствующие им регистры информации не вносится. В противном случае в машине будут происходить сбои в счете и результат вычислений окажется неверным.

При разработке прикладных программ для решения физических задач, соответствующих структуре учебной программы одиннадцатилетней школы, в первую очередь учитывались их наглядность, возможность простой структурной проверки, соответствие прикладных программ алгоритму расчетных задач. В программах использованы операторы, указанные в инструкциях по эксплуатации ПМК. Прикладные программы рассчитаны на пользователя, который впервые приступает к освоению технологии решения задач на ЭВМ. Поэтому специальные приемы программирования микрокалькуляторов в большинстве программ не используются.

Работа с этой книгой поможет пользователю научиться транслировать (переводить) программы, написанные на учебном алгоритмическом языке, в коды ПМК, поможет соотнести школьный курс информатики с практикой построения алгоритмов для решения задач из курса физики, с практикой программирования. Для удобства трансляции ряда программ с алгоритмического языка на реальный язык программирования авторы ввели дополнительные команды: ввод и вывод.

Правила трансляции алгоритма в коды калькулятора

1. Вручную распределяются регистры памяти под переменные величины по служебному слову веш. Других типов переменных у ПМК нет.
2. Служебное слово арг может программироваться последовательностью команд засылки в память ПМК.
3. Программируется команда присваивания. В левой части знака присваивания $/:=/$ может стоять любая переменная физическая величина, а в правой части команды присваивания — любое числовое или нечисловое выражение.
4. Служебное слово рез транслировать нет необходимости в том случае, когда за ним следует один параметр. Если же их несколько, то перед служебным словом кон они программируются выводом на индикатор последовательностью команд вызова. За каждым выводимым значением ставится команда С/П.
5. Служебное слово кон программируется командой С/П.

Наращивая поэтапно умение решать задачи с помощью программного обеспечения, пользователь может подойти к профессиональному уровню владения ЭВМ. Программы можно комбинировать, дополнять, использовать в виде подпрограмм. Значения величин, полученные при помощи одной программы, можно использовать как входные данные для работы другой прикладной программы.

В книге принята следующая нумерация программ: первая цифра — номер параграфа, вторая — номер прикладной программы для ПМК. Буква А указывает на алгоритм для решения расчетной контрольной задачи. Номер и буква разделены точками.

Различия между обозначениями, приведенными на клавиатуре ПМК марок «БЗ-34», «МК-54», «МК-56», «МК-61», «МК-52» и употребляемые в книге, показаны ниже, в таблице.

БЗ-34	МК-54 МК-52	МК-56 МК-61	В книге
ИП	$\Pi \rightarrow x$		ИП
П	$x \rightarrow \Pi$		П
\overleftarrow{x}	\leftrightarrow		\leftrightarrow
\uparrow	$B \uparrow$		\uparrow
F	F		F
arcsin	\sin^{-1}		Farcsin
arccos	\cos^{-1}		Farccos
arctg	\tg^{-1}		Farctg

Задачи, включенные в книгу, являются типовыми, встречающимися в различных задачниках по элементарной физике.

МЕХАНИКА

ГЛАВА 1. ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

§ 1. Механическое движение. Относительность движения

1. Определить модуль вектора скорости тела \vec{v} в неподвижной системе координат, если модуль его скорости в подвижной системе координат v_1 , а модуль скорости подвижной системы координат относительно неподвижной v_2 . Направления векторов \vec{v}_1 и \vec{v}_2 перпендикулярны: $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$ (рис. 1).

2. Определить v_1 по известным v и v_2 ; $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$ (см. рис. 1).

3. Определить v_2 по известным v и v_1 ; $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$ (см. рис. 1).

Математическое описание задач 1–3

Закон сложения скоростей:

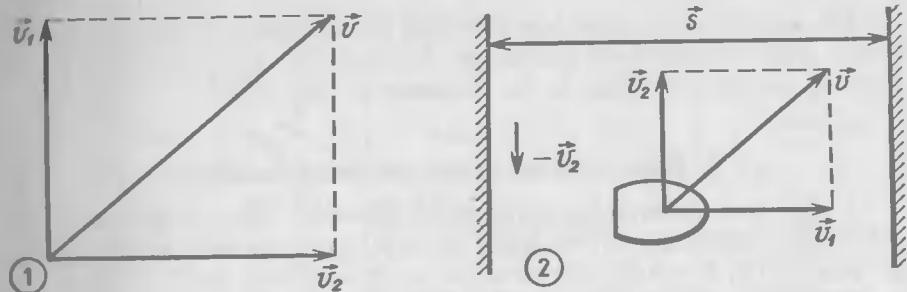
$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2.$$

Расчетные формулы

$$1. v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2}. \quad 2. v_1 = \sqrt{v^2 - v_2^2}. \quad 3. v_2 = \sqrt{v^2 - v_1^2}.$$

Программа 1.1			Инструкция к программе 1.1			
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	
00	\leftrightarrow	14	1	Включить ПМК		
01	$F x^2$	22	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ	
02	x	12	3	Ввести программу	По тексту программы	
03	\leftrightarrow	14	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ В/0	
04	$F x^2$	22	5	Ввести известные величины v , v_1 , v_2 в регистр X	$(v) \uparrow (v_1)$, или $(v) \uparrow (v_2)$, или $(v_1) \uparrow (v_2)$	
05	+	10	6	Ввести И: И=1, если решается задача 1 И=-1, если решаются задачи 2 и 3	$\uparrow (I)$	
06	$F \sqrt{ }$	21	7	Вычислить искомую скорость Для нового счета вернуться к п. 5	C/П	
07	C/П	50				
08	БП	51				
09	00	00				

Время вычисления – 3 с



Контрольная задача к программе 1.1

4. Лодка движется перпендикулярно берегу реки (рис. 2). Ее скорость относительно воды равна 2 м/с. Определить время движения лодки к другому берегу, если ширина реки 80 м, а скорость течения 1 м/с.

Решение

$$\vec{v}_1 = \vec{v}_2 + \vec{v}, \quad v_1 = \sqrt{v^2 - v_2^2},$$

$$v_1 = \sqrt{4 \text{ м}^2/\text{с}^2 - 1 \text{ м}^2/\text{с}^2} = 1,73 \text{ м/с};$$

$$t = \frac{s}{v_1}, \quad t = \frac{80 \text{ м}}{1,73 \text{ м/с}} \approx 46 \text{ с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 1.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 1.1		
5	Ввести $v = 2 \text{ м/с}$ и $v_2 = 1 \text{ м/с}$	$2 \uparrow 1$	1.
6	Ввести И=-1, так как решается задача типа 2	$\uparrow 1 / - /$	-1.
7	Вычислить скорость v_1	C/П	1.7320508
8	Вычислить t Результат вычислений: $v_1 \approx 1,7 \text{ м/с}; t \approx 46 \text{ с}$	$80 \longleftrightarrow \div$	46.188021

Программа 1.1.А

алг программа 1.1.А (вещ v , v_1 , v_2 , цел И)

арг v_1 , v_2 И

рез v

нач $v := \sqrt{v_1^2 + И v_2^2}$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 1.1: Р., № 40–46.
 (Здесь и далее буквой «Р» обозначен «Сборник задач по физике для 8–10 классов средней школы» А. П. Рымкевича.— М., 1986.)

§ 2. Равномерное прямолинейное движение

1. Два тела движутся равномерно и прямолинейно. Определить, на каком расстоянии Δl друг от друга окажутся эти тела через время t , если их скорости v_1 и v_2 направлены вдоль оси OX , а расстояние между ними в начальный момент времени Δl_0 (рис. 3).

2. Определить, через какое время два тела, движущиеся равномерно и прямолинейно, окажутся на расстоянии Δl друг от друга, если их скорости v_1 и v_2 направлены вдоль оси OX , а расстояние между ними в начальный момент времени Δl_0 (см. рис. 3).

3. Построить график движения для тела, имеющего скорость v_1 и начальную координату x_0 (см. рис. 3).

Математическое описание задач 1–3

$$1. v_{\text{отн}} = v_1 - v_2; \quad 2. v_{\text{отн}} = v_1 - v_2; \quad 3. v_2 = 0; \quad \Delta l_0 = x_0;$$

$$\Delta l = v_{\text{отн}} t + \Delta l_0. \quad \Delta l = v_{\text{отн}} t + \Delta l_0; \quad v_{\text{отн}} = v_1 - v_2 = v_1;$$

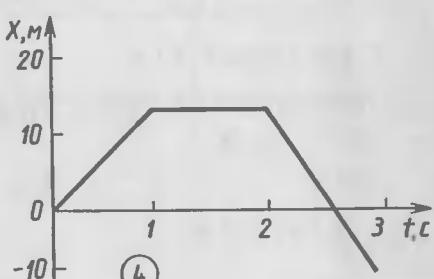
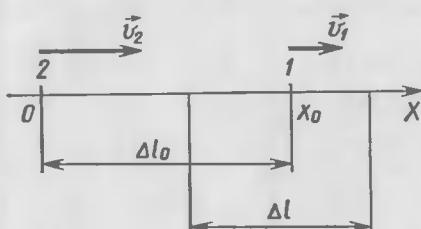
$$t = \frac{\Delta l - \Delta l_0}{v_{\text{отн}}}. \quad x = \Delta l = v_{\text{отн}} t + \Delta l_0 = v_1 t + x_0.$$

За положительное направление выбрано направление движения тел.

Расчетные формулы

$$1–3. v_{\text{отн}} = v_1 - v_2. \quad 1. \Delta l = v_{\text{отн}} t + \Delta l_0.$$

$$2. t = \frac{\Delta l - \Delta l_0}{v_{\text{отн}}}. \quad 3. x = v_1 t + x_0.$$



Программа 2.1			Инструкция к программе 2.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП Д	6Г	1	Включить ПМК	
01	F x=0	5Е	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	14	14	3	Ввести программу	По тексту программы
03	↔	14	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04	ИП 2	62			
05	ИП 1	61			
06	—	11	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0– Δl_0 или x Р 1– v_1 Р 2– v_2 Р Д–И	(Δl_0) П 0 (v_1) П 1 (v_2) П 2 (И) П Д
07	С/П	50			
08	x	12			
09	ИП 0	60			
10	+	10			
11	С/П	50			
12	БП	51			
13	00	00			
14	↔	14			
15	ИП 0	60			
16	—	11	6	Ввести t, если И=0; Δl , если И=1	(t) или (Δl) С/П
17	ИП 2	62			
18	ИП 1	61	7	Вычислить $v_{\text{отн}}$	
19	—	11	8	Вычислить Δl или x, если И=0; t, если И=1	
20	С/П	50			C/П
21	÷	13			
22	С/П	50			
23	БП	51			
24	00	00	9	Для нового счета вернуться к п. 5	

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 2.1

4. Из точек *A* и *B*, расположенных на расстоянии $\Delta l_0 = 90$ м друг от друга, одновременно в одном направлении начали движение два тела. Тело, движущееся из точки *A*, имело скорость $v_1 = 5$ м/с, а тело, движущееся из точки *B*, имело скорость $v_2 = 2$ м/с. Через какое время t первое тело нагонит второе? Какое перемещение s совершил первое тело?

Решение

$$v_{\text{отн}} = v_1 - v_2, \quad v_{\text{отн}} = -5 \text{ м/с} - (-2 \text{ м/с}) = -3 \text{ м/с};$$

$$t = \frac{\Delta l - \Delta l_0}{v_{\text{отн}}}, \quad t = \frac{0 \text{ м} - 90 \text{ м}}{-3 \text{ м/с}} = 30 \text{ с};$$

$$s = v_1 t + s_0, \quad s = -5 \text{ м/с} \cdot 30 \text{ с} + 0 \text{ м} = -150 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 2.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 2.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 – $\Delta l_0 = 90$ м Р 1 – $v_1 = 5$ м/с Р 2 – $v_2 = 2$ м/с Р Д – И = 1	90 П 0 5 П 1 2 П 2 1 П Д	90. 5. 2. 1.
6	Ввести на индикатор $\Delta l = 0$ (так как И = 1)	0 (или Сх)	0.
7	Вычислить $v_{\text{ср}}$	С/П	-3.
8	Вычислить t (так как И = 1)	С/П	30.
9	Перейти к п. 5 для решения второй части задачи		
5'	Ввести начальные данные в регистры памяти для решения второй части задачи: Р 0 – $s_0 = 0$ Р 2 – $v_2 = 0$ м/с (скорость движения системы отсчета, связанной с Землей) Р Д – И = 0 (содержимое регистра Р 1 не меняем)	0 (или Сх П0)	0.
6'	Ввести на индикатор $t = 30$ с (так как И = 0)	П 2 П Д	0. 0.
7'	Вычислить $v_{\text{ср}}$	С/П	-5.
8'	Вычислить $s = \Delta l $ (так как И = 0) Результат вычислений: $t = 30$ с; $ s = 150$ м	С/П	-150.

Программа 2.1.А

алг программа 2.1.А (вещ Δl , Δl_0 , v_1 , v_2 , t)

арг Δl , Δl_0 , v_1 , v_2

рез t

нач

$$t := (\Delta l - \Delta l_0) / (v_2 - v_1)$$

кон

5. Определить среднюю скорость движения тела, если отдельные этапы пути оно проходило равномерно.

Математическое описание задачи 5

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t};$$

$$s = s_1 + s_2 + \dots + s_n = \sum_{i=1}^n s_i;$$

$$t = t_1 + t_2 + \dots + t_n = \sum_{i=1}^n t_i.$$

Расчетная формула

$$5. v_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{\sum_{i=1}^n t_i}.$$

Программа 2.2			Инструкция к программе 2.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 1	61	1	Включить ПМК	
01	+	10	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 1	41	3	Ввести программу	По тексту программы
03	F О	25			F АВТ В/0
04	ИП 2	62	4	Перейти в режим F АВТ	0 (или Сх) ↑
05	+	10	5	Очистить Р 1 и Р 2	(l_i) ↑
06	П 2	42	6	Ввести l_i	t_i
07	ИП 1	61	7	Ввести t_i	C/П
08	÷	13	8	Определить $v_{\text{ср}}$	
09	С/П	50		Для ввода данных по следующему участку вернуться к п. 6	
10	БП	51		Для нового счета вернуться к п. 5	
11	00	00			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 2.2

6. Определить среднепутевую скорость движения тела по графику, представленному на рисунке 4.

Решение

$$v_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\sum_{i=1}^n t_i}, \quad v_{\text{ср}} = \frac{15 \text{ м} + 0 \text{ м} + 25 \text{ м}}{1 \text{ с} + 1 \text{ с} + 1 \text{ с}} = 13,3 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 2.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 2.2		
5	Очистить Р 1 и Р 2		
6	Ввести на индикатор длину первого участка $l_1 = 15$ м	15 ↑	15.
7	Ввести на индикатор время прохождения первого участка $t_1 = 1$ с	1	1.

Продолжение

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
8	Определить v_{cp} на первом участке пути Перейти к п. 6, так как исчерпаны не все значения l_i и t_i	C/П	15.
6'	Ввести значение длины пути на втором участке $l_2 = 0$ м	0 (или Сх)↑	0.
7'	Ввести значение времени прохождения второго участка $t_2 = 1$ с	1	1.
8'	Определить v_{cp} на двух участках Перейти к п. 6, так как исчерпаны не все значения l_i и t_i	C/П	7.5
6''	Ввести длину пути на третьем участке $l_3 = 25$ м	25↑	25.
7''	Ввести время прохождения третьего участка $t_3 = 1$ с	1	1.
8''	Определить v_{cp} для трех участков Результат вычисления: $v_{cp} = 13.3$ м/с	C/П	13.333333

Программа 2.2.А

```

алг программа 2.2.А (вещ таб L[1÷n], T[1÷n], вещ vcp)
    арг L, T
    рез vcp
нач цел i, вещ SL, ST
    SL:=0; ST:=0
    i:=1
    пока i ≤ n
        иц
            SL:=SL+L[i]
            ST:=ST+T[i]
        кон
        кц
        vcp:=SL/ST
кон

```

Рекомендуемые задачи для решения по программам 2.1–2.2: Р., № 18, 19, 21, 23, 24, 25, 30, 35, 47, 49.

§ 3. Равноускоренное прямолинейное движение

1. Определить в момент времени t координату x тела, движущегося равноускоренно, если известны его начальная координата x_0 , скорость v_0 и ускорение a .

Математическое описание задачи 1

Уравнение равноускоренного движения:

$$x = x_0 + v_0 t + a \frac{t^2}{2}.$$

Расчетная формула

$$x = x_0 + v_0 t + a \frac{t^2}{2}.$$

Программа 3.1			Инструкция к программе 3.1		
№ п/п	Адресс	Команда	Код	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		↑	0E	1 Включить ПМК	
01		Fx ²	22	2 Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02		ИП А	6-	3 Ввести программу	По тексту программы
03		x	12	4 Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04		2	02		
05		÷	13	5 Ввести начальные данные в регистры памяти: PC – x ₀ PB – v ₀ PA – a	(x ₀) ПС (v ₀) ПВ (a) ПА (t)
06		↔	14	6 Ввести t	C/П
07		ИП В	6L		
08		x	12		
09		ИП С	6C		
10		+	10		
11		+	10	7 Вычислить x	
12		C/П	50	Для нового счета вернуться к п. 6	
13		БП	51		
14		00	00		

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 3.1

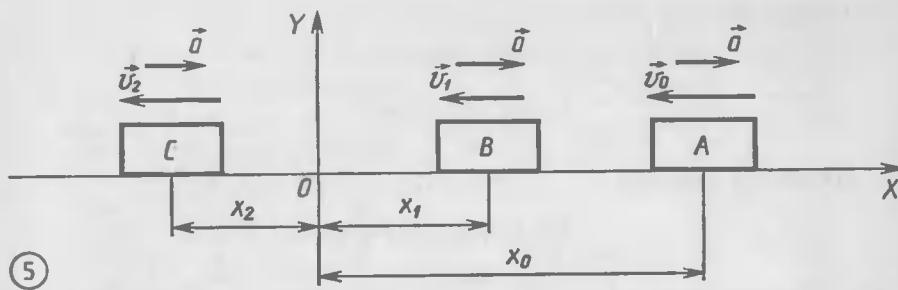
2. Локомотив, находясь на расстоянии 500 м от светофора (рис. 5) и имея в этот момент скорость 72 км/ч, начал тормозить. Определить положение локомотива через 10 с и 30 с, если при торможении он двигался с ускорением 0,1 м/с².

Решение

$$x = x_0 + v_0 t + a \frac{t^2}{2}.$$

Координаты тела в моменты времени t_1 и t_2 :

$$|\vec{x}_1| = |\vec{x}_0| - |\vec{v}_0| t_1 + |\vec{a}| \frac{t_1^2}{2},$$



5

$$|\vec{x}_1| = -500 \text{ м} - 20 \text{ м/с} \cdot 10 \text{ с} + \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ м/с}^2 \cdot 10^2 \text{ с}^2 = 305 \text{ м};$$

$$|\vec{x}_2| = |\vec{x}_0| - |\vec{v}_0|t_2 + |\vec{a}| \frac{t_2^2}{2},$$

$$|\vec{x}_2| = -500 \text{ м} - 20 \text{ м/с} \cdot 30 \text{ с} + \frac{1}{2} \cdot 0,1 \text{ м/с}^2 \cdot 30^2 \text{ с}^2 = -55 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 3.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 3.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: PC - $x_0 = 500$ м PB - $v_0 = -20$ м/с PA - $a = 0,1$ м/с ²	500 ПС 20 / - / ПВ 0.1 ПА	500. -20. 1. -01
6	Ввести значение $t_1 = 10$ с	10	10.
7	Вычислить координату x_1 Для нового счета вернуться к п. 6	С/П	305.
6'	Ввести $t_2 = 30$ с	30	30.
7'	Вычислить координату x_2 Результат вычислений: $x_1 = 305$ м; $x_2 = -55$ м	С/П	-55.

Знак «минус» означает, что через 30 с локомотив будет находиться по другую сторону светофора.

Программа 3.1.А

алг программа 3.1.А (вещ x, x_0, v_0, a, t)

арг x_0, v_0, a, t

рез x

нач

$$x := x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

кон

3. Определить пройденный телом путь l и скорость v при равноускоренном движении в момент времени t , если известны начальная скорость v_0 , путь l_0 и ускорение a .

4. Определить начальную скорость v_0 по известным l_0, a, t, l (см. задачу 3).

5. Определить ускорение a , если известны l_0, v_0, t, l (см. задачу 3).

6. Определить время t , если известны l_0, v_0, a, l (см. задачу 3).

Математическое описание задач 3-6

$$l = l_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2};$$

$$v = v_0 + at.$$

Расчетные формулы

$$3. l = l_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}; \quad v = v_0 + at. \quad 4. v_0 = \frac{l - l_0}{t} - \frac{at}{2}.$$

$$5. a = \frac{2(l - l_0)}{t^2} - \frac{2v_0}{t}. \quad 6. t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2(l - l_0)a}}{a}.$$

Программа 3.2			Инструкция к программе 3.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП Д	6Г	1	Включить ПМК	
01	F x < 0	5С	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	22	22	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП С	6С			F АВТ В/0
04	ИП В	6Л	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 0	60	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	x	12		P 1-l	(l) П 1
07	+	10		P 0-t	(t) П 0
08	ИП А	6-		P A-a	(a) П А
09	ИП 0	60		P B-v ₀	(v ₀) П В
10	F x ²	22		P C-l ₀	(l ₀) П С
11	x	12		P D-I (индекс задачи)	(И) П Д
12	2	02		I=-1 для задачи 3	
13	÷	13		I=0 для задачи 4	
14	+	10		I=1 для задачи 5	
15	С/П	50		I=2 для задачи 6	
16	ИП В	6Л		Вычислить искомую величину	C/П
17	ИП А	6-	6		
18	ИП 0	60			
19	x	12			
20	+	10	7	Вычислить вторую искомую величину	C/П
21	С/П	50			
22	ИП Д	6 Г		Для нового счета вернуться к п. 5	

Продолжение

Программа 3.2			Инструкция к программе 3.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
23	F x=0	5E			
24	37	37			
25	ИП 1	61			
26	ИП С	6C			
27	-	11			
28	ИП 0	60			
29	÷	13			
30	/ - /	0L			
31	ИП А	6-			
32	x	12			
33	2	02			
34	÷	13			
35	-	11			
36	С/П	50			
37	ИП Д	6Г			
38	1	01			
39	-	11			
40	Fx=0	5E			
41	55	55			
42	ИП 1	61			
43	ИП С	6C			
44	-	11			
45	ИП 0	60			
46	F x ²	22			
47	÷	13			
48	ИП В	6L			
49	ИП 0	60			
50	÷	13			
51	-	11			
52	2	02			
53	x	12			
54	С/П	50			
55	ИП Д	6Г			
56	2	02			
57	-	11			
58	F x=0	5E			
59	00	00			
60	ИП В	6L			
61	F x ²	22			
62	ИП С	6C			
63	ИП 1	61			
64	-	11			
65	ИП А	6-			
66	2	02			
67	x	12			
68	x	12			

Программа 3.2			Инструкция к программе 3.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
69	-	11			
70	F ^{1/2}	21			
71	ИП 9	49			
72	ИП В	6L			
73	-	11			
74	ИП А	6-			
75	÷	13			
76	С/П	50			
77	ИП В	6L			
78	ИП 9	69			
79	+	10			
80	/ - /	0L			
81	ИП А	6-			
82	÷	13			
83	С/П	50			
84	БП	51			
85	00	00			

Время вычисления – 10 с

Контрольная задача к программе 3. 2

7. Навстречу друг другу едут два велосипедиста. Один из них, имея начальную скорость $v_{01} = 4 \text{ м/с}$, равнозамедленно поднимается в гору с ускорением $a_1 = -0,1 \text{ м/с}^2$; другой же, имея начальную скорость $v_{02} = 1 \text{ м/с}$, спускается с горы, причем равноускоренно с ускорением $a_2 = 0,4 \text{ м/с}^2$. Через какое время t они встретятся и какой путь l_1 пройдет первый велосипедист до встречи, если расстояние между ними в начальный момент равно $l_0 = 150 \text{ м}$?

Решение

$$t = \frac{-(v_{02} + v_{01}) \pm \sqrt{(v_{02} + v_{01})^2 + 2l(a_1 + a_2)}}{a_1 + a_2},$$

$$t = \frac{-(1 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с}) + \sqrt{(1 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с})^2 + 2 \cdot 150 \text{ м} \cdot (0,1 \text{ м/с}^2 + 0,4 \text{ м/с}^2)}}{0,1 \text{ м/с}^2 + 0,4 \text{ м/с}^2} = 19 \text{ с};$$

$$t_2 = -52,5 \text{ с} \Rightarrow t = 19 \text{ с};$$

$$l_1 = v_{01}t + \frac{a_1 t^2}{2}, \quad l_1 = 4 \text{ м/с} \cdot 19 \text{ с} + \frac{(-0,1) \text{ м/с}^2 \cdot 19 \text{ с}}{2} = 58 \text{ м}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 3.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 3.2 Ввести начальные данные в регистры памяти для первой части задачи: Р 1–l=150 м Р A–a=a ₁ +a ₂ =0.3 м/c ² Р B–v ₀ =v ₀₂ +v ₀₁ =5 м/c Р C–l ₀ =0 м Р D–И=2	150 П 1 0.3 П А 5 П В 0(или Сх) П С 2 ПД	150. 3. –01 5. 0. 2.
6	Вычислить значение t ₁ искомой величины t	С/П	19.07935
7	Вычислить значение t ₂ искомой величины t Из анализа t ≈ 19.1 Для решения второй части задачи вернуться к п. 5 Ввести начальные данные в регистры памяти для второй части задачи: Р 0–t=19.1 Р A–a=a ₁ =–0.1 м/c ² Р B–v ₀ =v ₀₁ =4 м/c Р D–И=–1	С/П	–52.412683
5'		19.1 П 0 0.1 /–/ П А 4 П В 1 /–/ П Д С/П	19.1 –1. –01 4. –1. 58.1595
6' 7'	Вычислить искомый путь l ₁ =l Вычислить скорость первого велосипедиста в момент встречи Результат вычислений: t = 19 с; l = 58 м	С/П	2.09

Программа 3.2.А

алг программа 3.2.А (веш v₀₁, l₀, v₀₂, a₁, a₂, l₁, t)

арг v₀₁, l₀, a₁, v₀₂, a₂
рез t, l₁

нач

$$t := (-v_0 + \sqrt{v_0^2 - 2(l_0 - l_1)a_1})/a_1$$

$$l_1 := v_{01}t + \frac{a_1 t^2}{2}$$

кон

Рассматривается равноускоренное прямолинейное движение, при котором l_m – расстояние до точки поворота, v₀ – начальная скорость, a – ускорение. Определить значения величин по известным данным:

8. l_m по известным v₀ и a.

9. a по известным l_m и v₀.

10. v₀ по известным l_m и a.

11. Определить, какой высоты h (h = l_m) достигнет тело, брошенное

вертикально вверх со скоростью v₀, если ускорение свободного падения g (g = a).

12. Определить v₀ по известным h и g (см. задачу 11).

13. Тело свободно падает вертикально вниз без начальной скорости и достигает земли со скоростью v₁ (v₁ = v₀). Определить высоту падения h (h = l_m), если ускорение свободного падения g (g = a).

14. Определить v₁ по известным h и g (см. задачу 13).

Математическое описание задач 8–14

Учитывая кинематическую обратимость процессов, имеем $l = \frac{at^2}{2}$;

$$v = at \Rightarrow t = \frac{v}{a} \Rightarrow l = \frac{v^2}{2a}.$$

Расчетные формулы

$$8, 11, 13. l_m = \frac{v_0^2}{2a}. 9. a = \frac{v_0^2}{2l_m}. 10, 12, 14. v_0 = \sqrt{2al_m}.$$

Программа 3.3			Инструкция к программе 3.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П А	4–	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П В	4L	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П С	4C			F АВТ B/0 С/П
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	ИП В	6L		Р А–a	(a) П А
07	F x ²	22		Р В–v ₀	(v ₀) П В
08	ИП А	6–		Р С–l _m	(l _m) П С
09	ИП С	6C		Р Д–И	
10	2	02		И=0 для задач 8, 9, 11, 13	(И) П Д
11	x	12		И=1 для задач 10, 12, 14	
12	x	12		Вычислить искомую величину	C/П
13	÷	13		Для нового счета вернуться к п.5	
14	П 9	49			
15	ИП Д	6Г			
16	F x≠0	57			
17	00	00			
18	ИП 9	69			
19	F 1/x	23			
20	F √	21			
21	П 9	49			
22	БП	51			
23	00	00			

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 3.3

15. Пловец, спрыгнув с пятиметровой вышки, погрузился в воду на глубину $h_2 = 2$ м. С каким ускорением он двигался в воде?

Решение

$$v_0 = \sqrt{2h_1 g}, v_0 \approx \sqrt{2 \cdot 5 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с}^2} \approx 10 \text{ м/с};$$

$$a = \frac{v_0^2}{2h_2}, a = \frac{(10 \text{ м/с})^2}{2 \cdot 2 \text{ м}} \approx 25 \text{ м/с}^2.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 3.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4			
5	См. инструкцию к программе 3.3 Ввести начальные данные в регистры памяти для первой части задачи: P A – g = 9.81 м/с ² P C – l _m = h ₁ = 5 м P D – И = 1	9.81 П А 5 П С 1 П Д	9.81 5. 1.
6	Определить искомую скорость вхождения пловца в воду $v_{\text{вх}}$ Для нового счета вернуться к п.5	С/П	9.9045448
5'	Ввести начальные данные в регистры памяти для второй части задачи: P B – $v_m = v_{\text{вх}} = 9.9$ м/с P C – $l_m = h_2 = 2$ м P D – И = 0	9.9 П В 2 П С 0(или Сx) П Д	9.9 2. 0.
6'	Определить искомое ускорение a Результат вычисления: $a = 24.5$ м/с ²	С/П	24.5025

Программа 3.3.А

алг программа 3.3.А (всп v_m, l_m, a)

арг v_m, l_m

рез a

нач

$$a := v_m^2 / (2l_m)$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 3.1–3.3: Р., № 50–55, 58, 60–78, 83–87, 184–186, 193–196.

§ 4. Равномерное движение по окружности

Тело движется со скоростью v и ускорением a по окружности радиусом R . Определить значения величин по известным данным:

1. Центростремительное ускорение a по известным v и R .

2. Радиус окружности R по известным v и a .

3. Скорость v по известным a и R .

Математическое описание задач 1–3

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Расчетные формулы

$$1. a = \frac{v^2}{R}. \quad 2. R = \frac{v^2}{a}. \quad 3. v = \sqrt{aR}.$$

Программа 4.1			Инструкция к программе 4.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П А	4—	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П В	4L	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П С	4C			F АВТ B/0
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A – a P B – v P C – R P D – И	(a) П А (v) П В (R) П С (И) П Д
06	ИП В	6L	6	И=0 для задач 1, 2 И=1 для задачи 3	
07	F x ²	22		Вычислить искомую величину	
08	ИП А	6—		Для нового счета вернуться	
09	ИП С	6C		к п.5	
10	x	12			
11	÷	13			
12	П 9	49			
13	ИП Д	6Г			
14	F x ≠ 0	57			
15	00	00			
16	ИП 9	69			
17	F 1/x	23			
18	F √	21			
19	П 9	49			
20	БП	51			
21	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 4.1

4. На повороте дороги радиусом $R = 100$ м равномерно движется автомобиль. Центр тяжести автомобиля находится на высоте $h = 1$ м, ширина колеи $b = 1.5$ м. Определить скорость v , при которой автомобиль может перевернуться.

Решение

$a < \frac{b}{2h}g \Rightarrow a < 0.75g$ – условие безопасного поворота;

$$a_1 = 0.75 g;$$

$$v = \sqrt{a_1 R} = \sqrt{0.75g R},$$

$$v \approx \sqrt{0.75 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 100 \text{ м}} \approx 27 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 4.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 4.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P A – a = a ₁ = 0.75g = 0.75 · 9.81 м/с P C – R = 100 м P D – И = 1 (так как решается задача типа 3)	0.75 ↑ 9.81 × П А 100 П С	7.3575 100.
6	Вычислить искомую скорость Результат вычисления: v = 27.1 м/с	1 П Д С/П	1. 27.124712

Программа 4.1.А

алг программа 4.1.А (вещ a, R, v)

арг a, R

рез v

нач

$$v := \sqrt{Ra}$$

кон

Тело движется с линейной скоростью v и частотой ν по окружности радиусом R . Определить значения величин по известным данным:

5. Линейную скорость v по известным R и ν .
6. Радиус окружности R по известным v и ν .
7. Частоту ν по известным v и R .

Математическое описание задач 5–7

$$\begin{aligned} v &= \omega R; \\ \omega &= 2\pi\nu. \end{aligned}$$

Расчетные формулы

$$5. v = 2\pi\nu R. \quad 6. R = \frac{v}{2\pi\nu}. \quad 7. \nu = \frac{v}{2\pi R}.$$

Программа 4.2			Инструкция к программе 4.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – v P 2 – R P 3 – ν P Д – И	B/0 C/П
06	ИП 1	61			(v) П 1
07	ИП 2	62			(R) П 2
08	ИП 3	63			(ν) П 3
09	x	12			(И) П Д
10	2	02			
11	Fп	20			
12	x	12			
13	x	12			
14	÷	13			
15	П 9	49			
16	ИП Д	6Г			
17	F x=0	5Е			
18	00	00			
19	ИП 9	69			
20	F 1/x	23			
21	П 9	49			
22	БП	51			
23	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 4.2

8. Определить скорость точек земной поверхности на экваторе ($R_3 = 6400$ км).

Решение

$$v = 2\pi\nu R_3 = \frac{2\pi}{T} R_3,$$

$$v \approx \frac{2 \cdot 3,14}{3600 \cdot 24} \cdot 6400000 \approx 465 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 4.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 4.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: $R = 2 - R_3 = 64 \cdot 10^5$ м $P = 3 - v = \frac{1}{T} = (3600 \cdot 24)^{-1}$ Гц	64 ВП 5 П 2 3600 ↑ 24 x F 1/x П 3 0 П Д С/П	6400000. 1.1574074 – 05 0. 465.42114
6	Р Д – И=0 Вычислить искомую величину Результат вычисления: $v = 465.5$ м/с		

Программа 4.2.А

```
алг программа 4.2.А (вещ  $v$ ,  $R$ ,  $v$ )
    арг  $R$ ,  $v$ 
    rez  $v$ 
нач
     $v := 2\pi Rv$ 
кон
```

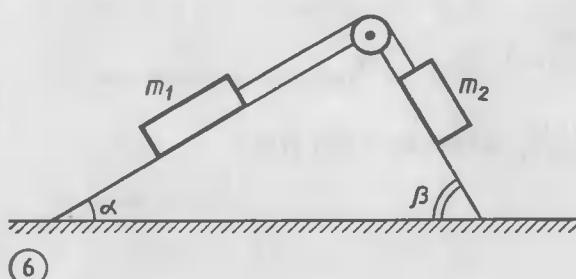
Рекомендуемые задачи для решения по программам 4.1–4.2: Р., № 91–101, 105–110, 275–277.

ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ДИНАМИКИ

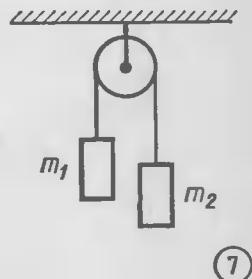
§ 5. Законы Ньютона

Рассматривается движение системы грузов, укрепленных на блоке. При этом считается, что блок и нить невесомы, нить нерастяжимая и трение в системе отсутствует. Определить:

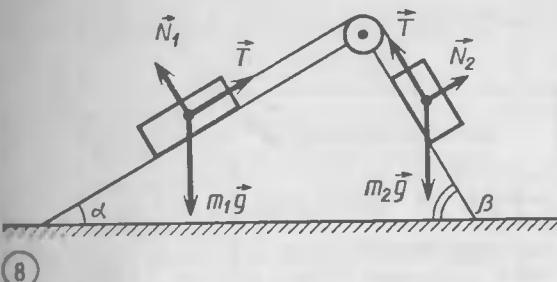
1. Ускорение системы и силу натяжения нитей (рис. 6).
2. Ускорение системы и силу натяжения нитей (рис. 7).



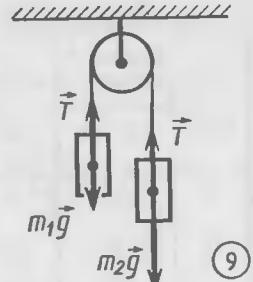
(6)



(7)



(8)



(9)

Для решения задач 1 и 2 даны дополнительные рисунки 8 и 9, на которых указаны действующие силы.

Математическое описание задач 1, 2

$$\begin{cases} m_1 \ddot{a} = m_1 \vec{g} + \vec{T} + \vec{N}_1, \\ m_2 \ddot{a} = \vec{T} + m_2 \vec{g} + \vec{N}_2; \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 a = T - m_1 g \sin \alpha, \\ m_2 a = m_2 g \sin \beta - T; \end{cases}$$

(см. рис. 8)

$$\begin{cases} m_1 \ddot{a} = T - m_1 \vec{g}, \\ m_2 \ddot{a} = m_2 \vec{g} - T. \end{cases}$$

(см. рис. 9)

Расчетные формулы

$$1. \quad a = g \frac{(m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha)}{(m_2 + m_1)}; \quad T = m_1 (a + g \sin \alpha).$$

$$2. \quad a = g \frac{(m_2 - m_1)}{(m_2 + m_1)}; \quad T = m_1 (a + g).$$

Программа 5.1			Инструкция к программе 5.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	F sin	1 C	1	Включить ПМК	
01	П А	4 –	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	↔	14	3	Ввести программу	По тексту программы
03	F sin	1 C	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	ИП 2	62	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – m ₁ P 2 – m ₂	F АВТ B/0
05	x	12			
06	↔	14	6	Установить переключатель Р–Г в положение единиц, в которых выражаются углы α и β	(m ₁) П 1 (m ₂) П 2
07	ИП 1	61			
08	x	12			
09	–	11			
10	9	09			

Продолжение

Программа 5.1			Инструкция к программе 5.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
11	.	0 -	7	Ввести в стек значения углов α и β	(β) \uparrow (α)
12	8	08	8	Вычислить искомое ускорение a	С/П
13	П В	4L	9	Вычислить искомую силу натяжения нити T	С/П
14	x	12		Для нового счета вернуться к п.5	
15	ИП 1	61			
16	ИП 2	62			
17	+	10			
18	÷	13			
19	С/П	50			
20	ИП А	6-			
21	ИП В	6L			
22	x	12			
23	+	10			
24	ИП 1	61			
25	x	12			
26	С/П	50			
27	БП	51			
28		00			

Время вычисления ускорения – 10 с, силы натяжения – 3 с

Контрольная задача к программе 5.1

3. Грузы массами $m_1 = 6$ кг и $m_2 = 4$ кг, связанные нитью, которая перекинута через неподвижный блок, движутся по наклонной плоскости. Найти силу натяжения нити и ускорение грузов. Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Силы трения в системе отсутствуют.

Решение

$$\begin{cases} m_1a = T - m_1g \sin \alpha, \\ m_2a = m_2g \sin \beta - T; \end{cases}$$

$$a = \frac{m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha}{m_1 + m_2} g,$$

$$a = \frac{9,81 \text{ м/с}^2}{6 \text{ кг} + 4 \text{ кг}} \cdot (4 \text{ кг} \cdot \sin 90^\circ - 6 \text{ кг} \sin 30^\circ) = 0,981 \text{ м/с}^2;$$

$$T = m_1(a + g \sin \alpha),$$

$$T = 6 \text{ кг} (0,981 \text{ м/с}^2 + 9,81 \text{ м/с}^2 \sin 30^\circ) = 35 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 5.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 5.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти:		
	P 1 – $m_1 = 6$ кг	6 П 1	6.
	P 2 – $m_2 = 4$ кг	4 П 2	4.
6	Установить переключатель Р–Г в положение единиц, в которых выражаются углы α и β , т. е. в положение Г		
7	Ввести в стек значения углов $\alpha = 30^\circ$ и $\beta = 90^\circ$	90 \uparrow 30	30.
8	Вычислить искомое ускорение a	С/П	9.799999 –01
9	Вычислить силу натяжения нити T	С/П	35.280001
	Результат вычислений: $a = 0.98 \text{ м/с}^2$; $T = 35.3 \text{ Н}$		

Программа 5.1.А

```

алг программа 5.1.А (вещ  $m_1, m_2, \alpha, \beta, g, T, a$ )
арг  $m_1, m_2, \alpha, \beta, g$ 
рез  $T, a$ 
нач
     $a := g(m_2 \sin \beta - m_1 \sin \alpha) / (m_1 + m_2)$ 
     $T := m_1(a + g \sin \alpha)$ 
кон

```

Рекомендуемые задачи для решения по программе 5.1: Р., № 285, 286.

§ 6. Закон всемирного тяготения

1. Определить силу взаимного притяжения двух тел массами m_1 и m_2 , находящихся на расстоянии R друг от друга (гравитационная постоянная G).

2. Определить расстояние R между телами массами m_1 и m_2 , если сила взаимного притяжения между ними F и гравитационная постоянная G .

3. Определить массу m_2 (см. задачу 1) по известным параметрам R, m_1, G, F .

4. Определить гравитационную постоянную G (см. задачу 2) по известным параметрам m_1, m_2, R, F .

5. Определить ускорение свободного падения g на поверхности планеты массой m_1 , если ее радиус R , а гравитационная постоянная G .

6. Определить радиус планеты R , если на ее поверхности ускоре-

ние свободного падения g , масса планеты m_1 и гравитационная постоянная G .

7. Определить массу планеты m_1 , если известны ее радиус R , ускорение свободного падения g и гравитационная постоянная G .

Математическое описание задач 1–7

Для задач 1, 2, 3, 4 закон всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}.$$

Для задач 5, 6, 7 закон всемирного тяготения:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

и второй закон Ньютона:

$$F = m_2 g.$$

Соответствующие преобразования дадут:

$$g = G \frac{m_1}{R^2}.$$

Расчетные формулы

$$1. F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}. \quad 2. R = \sqrt{G \frac{m_1 m_2}{F}}. \quad 3. m_2 = \frac{FR^2}{Gm_1}.$$

$$4. G = \frac{FR^2}{m_1 m_2}.$$

$$5. g = G \frac{m_1}{R^2}. \quad 6. R = \sqrt{G \frac{m_1}{g}}. \quad 7. m_1 = \frac{gR^2}{G}.$$

Программа 6.1			Инструкция к программе 6.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ В/О С/П
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	П 6	46		P 1–m ₁	(m ₁) П 1
07	ИП 9	69		P 2–m ₂	(m ₂) П 2
08	С/П	50		P 3–G	(G) П 3
09	ИП 1	61			

Программа 6.1			Инструкция к программе 6.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
10	ИП 2	62		P 4–R	(R) П 4
11	ИП 3	63		P 5–F	(F) П 5
12	x	12		P 6–g	(g) П 6
13	x	12		P Д–И	(D) П Д
14	ИП 6	66		И=–1 для задач 1, 5	
15	ИП 5	65		И=0 для задач 2, 6	
16	ИП 4	64		И=1 для задач 3, 4, 7	
17	F x ²	22	6	Вычислить искомую величину	C/P
18	x	12		Для нового счета вернуться к п. 5	
19	x	12			
20	÷	13			
21	П 9	49			
22	ИП Д	6Г			
23	F x ≥ 0	59			
24	28	28			
25	ИП 9	69			
26	F 1/x	23			
27	П 9	49			
28	ИП Д	6Г			
29	F x=0	5Е			
30	00	00			
31	ИП 9	69			
32	F 1/x	23			
33	F √	21			
34	П 9	49			
35	БП	51			
36	00	00			

Время вычисления – 8 с

Контрольная задача к программе 6.1

8. Определить силу взаимного тяготения двух кораблей, удаленных друг от друга на 100 м, если масса каждого из них $1 \cdot 10^4$ т.

Решение

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2},$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \cdot \frac{10^7 \text{ кг} \cdot 10^7 \text{ кг}}{100^2 \text{ м}^2} = 0,667 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 6.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 6.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_1 - m_1 = 10^7 \text{ кг}$ $P_2 - m_2 = 10^7 \text{ кг}$ $P_3 - G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 / \text{кг} \cdot \text{с}^2$	ВП 7 П 1 П 2 6.67 ВП /-/ 11 П 3 100 П 4 1 /-/ П Д	10000000. 10000000. 6.67 -11 100. -1.
6	Р 4 - R = 100 м Р Д - И = -1 (так как решается задача типа 1) Вычислить силу взаимного тяготения F Результат вычисления: F = 1 Н	С/П	6.67 -01

Программа 6.1.А

алг программа 6.1.А (вещ m_1, m_2, R, G, F)

арг m_1, m_2, R, G
рез F

нач

$$F := (Gm_1m_2) / R^2$$

кон

9. Определить первую v_1 и вторую v_{II} космические скорости на планете массой M и радиусом R (гравитационная постоянная G).

10. Определить первую v_1 и вторую v_{II} космические скорости на планете радиусом R , если ускорение свободного падения g .

Математическое описание задач 9, 10

Закон всемирного тяготения:

$$F = G \frac{Mm}{R^2}.$$

Второй закон Ньютона:

$$F = ma.$$

Центробежительное ускорение:

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Следовательно, имеем

$$F = \frac{mv^2}{R};$$

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2} \text{ и } \frac{mv^2}{R} = ma.$$

Расчетные формулы

$$9. v_1 = \sqrt{G \frac{M}{R}}. \quad 10. v_1 = \sqrt{gR}. \quad 9, 10. v_{II} = \sqrt{2} v_1.$$

Программа 6.2			Инструкция к программе 6.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 3	43	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	ИП 9	69	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50			
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	ИП 2	62	5	Ввести начальные данные в регистры памяти для задачи 9: $P_1 - G$ $P_2 - M$ $P_3 - R$	B/O С/П
06	ИП 3	63			
07	/	13			
08	x	12			
09	F √	21			
10	С/П	50		Для задачи 10: $P_1 - g$ $P_2 - R$	(g) П 1
11	2	02			(R) П 2
12	F √	21			
13	x	12	6	Вычислить первую космическую скорость v_1	С/П
14	П 9	49			
15	БП	51	7	Вычислить вторую космическую скорость v_{II}	
16	00	00		Для нового счета вернуться к п. 5	C/П

Время вычисления как первой v_1 , так и второй v_{II} космических скоростей – 3 с

Контрольная задача к программе 6.2

11. Определить первую и вторую космические скорости для Земли. Принять $R = 6400$ км, $g = 9,81$ м/с².

Решение

$$v_1 = \sqrt{Rg}, \quad v_1 = \sqrt{6,4 \cdot 10^6 \text{ м} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2} \approx 8 \cdot 10^3 \text{ м/с};$$

$$v_{II} = \sqrt{2} v_1, \quad v_{II} = \sqrt{2} \cdot 8 \cdot 10^3 \text{ м/с} \approx 11 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 6.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4			
5	См. инструкцию к программе 6.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_1 - g = 9.81 \text{ м/с}^2$ $P_2 - R = 6400000 \text{ м}$	9.81 П 1 64 ВП 5 П 2	9.81 640000.
6	Вычислить первую космическую скорость v_i	С/П	7923.6355
7	Вычислить вторую космическую скорость v_{ii} Результат вычислений: $v_i \approx 7.9 \cdot 10^3 \text{ м/с};$ $v_{ii} \approx 11.2 \cdot 10^3 \text{ м/с}$	С/П	11205.712

Программа 6.2.А

```
алг программа 6.2.А (вещ g, R, v1, vii)
арг g, R
рез v1, vii
```

нач

$$v_1 := \sqrt{gR}$$

$$v_{ii} := \sqrt{2} v_1$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 6.1–6.2: Р., № 158–167, 223, 228, 229.

§ 7. Закон Гуна

1. Две пружины с коэффициентами жесткости k_1 и k_2 соединены в одном случае последовательно (рис. 10, а), а в другом параллельно (рис. 10, б). Каково отношение периодов вертикальных колебаний грузов на этих пружинах?

Математическое описание задачи 1

1. *Последовательное соединение пружин*

Закон Гука: $F_x = -kx$.

Для пружины 1: $x_1 = \frac{F}{k_1}$;

для пружины 2: $x_2 = \frac{F}{k_2}$.

Для системы пружин: $F = kx = k(x_1 + x_2) = k\left(\frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}\right)$,

откуда $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$.

Период колебаний груза массой m равен:

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{(k_1 + k_2)m}{k_1 k_2}}.$$

2. *Параллельное соединение пружин*

Для пружины 1: $F_1 = k_1 x$; для пружины 2: $F_2 = k_2 x$.

Для системы пружин: $(F_1 + F_2) = kx$.

Следовательно, $k_1 x + k_2 x = kx$,
откуда $k = k_1 + k_2$.

Период колебаний груза массой m равен:

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}.$$

Отношение периодов:

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{(k_1 + k_2)m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2 m}} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} \sqrt{k_1 k_2} = \frac{k_1 + k_2}{\sqrt{k_1 k_2}}.$$

Расчетная формула

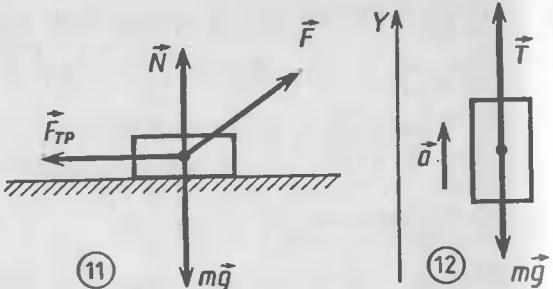
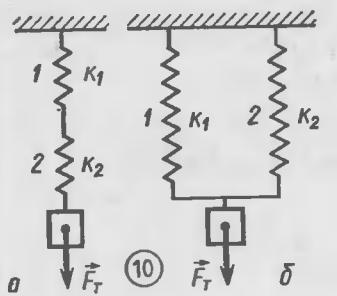
$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} \sqrt{k_1 k_2}.$$

Программа 7.1			Инструкция к программе 7.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	↑	0E	1	Включить ПМК	B/0 F ПРГ
01	F○	25	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	х	12	3	Ввести программу	По тексту программы
03	F√	21	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04	П0	40	5	Ввести k_1	(k_1)
05	F○	25	6	Ввести k_2	↑↑
06	+	10	7	Вычислить T_1/T_2	(k_2)
07	ИП0	60	8	Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
08	÷	13			
09	С/П	50			
10	БП	51			
11	00	00			

Время вычисления – 2 с

Контрольная задача к программе 7.1

2. Две пружины с коэффициентами жесткости $k_1 = 25 \text{ Н/м}$ и $k_2 = 100 \text{ Н/м}$ соединены в одном случае последовательно (см. рис. 10, а), в другом параллельно (см. рис. 10, б). Каково отношение периодов вертикальных колебаний грузов на этих пружинах?



Математическое описание задачи 1

$$\begin{aligned} m\ddot{a} &= \vec{F} + \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{tp}; \\ F_{tp} &= \mu N; \\ \begin{cases} 0 = F \sin \alpha + N - mg, \\ ma = F \cos \alpha - \mu N. \end{cases} \end{aligned}$$

Расчетные формулы

$$1. F = m \frac{a + \mu g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}; \quad N = m \frac{g \cos \alpha - a \sin \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}.$$

Решение

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2} \sqrt{k_1 k_2},$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{25 + 100}{25 \cdot 100} \sqrt{25 \cdot 100} = 2,5.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 7.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 7.1		
5	Ввести $k_1 = 25$ Н/м	25	25.
6		↑↑	25.
7	Ввести $k_2 = 100$ Н/м	100	100.
8	Вычислить T_1/T_2	C/П	2.5.
9	Результат вычисления: $T_1/T_2 = 2.5$		

Программа 7.1.А

алг программа 7.1.А (вещ N, k1, k2)

арг k1, k2

рез N

нач

$$N := \frac{k_1 + k_2}{k_1 k_2}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 7.1: Р., № 149–157.

§ 8. Применение законов динамики

- Тело массой m перемещается по горизонтальной поверхности под действием силы F , направленной под углом α к горизонту (рис. 11). Ускорение движения тела a , коэффициент трения тела о плоскость μ , ускорение свободного падения g . Найти силу F и реакцию опоры N .

Программа 8.1			Инструкция к программе 8.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	F cos	1Г	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	FBx	0	3	Ввести программу	По тексту программы
03	F sin	1C			F АВТ
04	П 2	42	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП В	6L	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	x	12		P A-a	(a) П А
07	+	10		P B-μ	(μ) П В
08	ИП С	6C		P C-m	(m) П С
09	↔	14		P D-g	(g) П Д
10	÷	13	6	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол α	
11	П 3	43	7	Ввести в стек значение угла α	(a) C/П
12	ИП В	6L	8	Вычислить F	C/П
13	ИП Д	6Г	9	Вычислить N	C/П
14	x	12		Для нового счета вернуться к п. 5	
15	ИП А	6-			
16	+	10			
17	x	12			
18	C/П	50			
19	ИП Д	6Г			
20	ИП 1	61			
21	x	12			
22	ИП А	6-			
23	ИП 2	62			
24	x	12			
25	-	11			
26	ИП 3	63			
27	x	12			
28	C/П	50			
29	БП	51			
30	00	00			

Время вычисления силы F – 10 с, силы реакции опоры N – 8 с

Контрольная задача к программе 8.1

2. Бруск массой $m = 350$ г скользит по горизонтальной поверхности под действием силы, приложенной к нему под углом $\alpha = 40^\circ$. Ускорение a , с которым движется бруск, равно $0,3 \text{ м/с}^2$, коэффициент трения $\mu = 0,11$, ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. Найти силу натяжения нити T и силу давления бруска на поверхность.

Решение

$$T = m \frac{a + \mu g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha},$$

$$T = 0,35 \text{ кг} \frac{0,3 \text{ м/с}^2 + 0,11 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2}{\cos 40^\circ + 0,11 \cdot \sin 40^\circ} \approx 0,6 \text{ Н};$$

$$p = m \frac{g \cos \alpha - a \sin \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha},$$

$$P = 0,35 \text{ кг} \frac{9,8 \text{ м/с}^2 \cdot \cos 40^\circ - 0,3 \text{ м/с}^2 \cdot \sin 40^\circ}{\cos 40^\circ + 0,11 \cdot \sin 40^\circ} \approx 3 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 8.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р А – $a = 0,3 \text{ м/с}^2$ Р В – $\mu = 0,11$ Р С – $m = 0,35 \text{ кг}$ Р Д – $g = 9,8 \text{ м/с}^2$	0.3 П А 0.11 П В 0.35 П С 9.8 П Д	3. –01 1.1 –01 3.5 –01 9.8
6	Установить переключатель Р-Г в положение Г, так как единица угла α – градус	40	40.
7	Ввести угол α	C/П	
8	Вычислить T	C/П	5.7639597 –01
9	Вычислить P Результат вычислений: $T = 0,58 \text{ Н};$ $P = 3,06 \text{ Н}$	C/П	3.0594998

Программа 8.1.А

алг программа 8.1.А (вещ a, μ, g, α, T, P)

арг a, μ, m, g, α

рез T, P

нач

$$T := m \frac{a + \mu g}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

$$P := m \frac{g \cos \alpha - a \sin \alpha}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}$$

кон

3. Определить силу натяжения троса T и вес тела, находящегося в лифте, если лифт движется с ускорением a (рис. 12). Масса лифта равна m , ускорение свободного падения g .

4. Определить ускорение a , с которым движется лифт, если сила натяжения троса равна T , масса лифта m , ускорение свободного падения g .

Математическое описание задач 3, 4

$$\vec{ma} = \vec{T} + \vec{mg};$$

$$ma = T - mg.$$

Расчетные формулы

$$3. T = m(a + g). \quad 4. a = \frac{T}{m} - g.$$

Программа 8.2			Инструкция к программе 8.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП Д	6Г	1	Включить ПМК	
01	F x=0	5Е	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	12	12	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП 0	60			
04	ИП А	6-	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
05	ИП В	6L	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
				Р 0 – m	(m) П 0
06	+	10		Р А – a	(a) П А
07	х	12		Р В – g	(g) П В
08	С/П	50		Р С – Т (или p)	(T) П С
09	ИП Д	6Г		Р Д – И	(И) П Д
10	F x ≠ 0	57		И = 0 для задачи 3	
11	03	03		И = 1 для задачи 4	
12	ИП С	6C		Вычислить искомую величину	
13	ИП 0	60		Для нового счета вернуться	
14	÷	13		к п. 5	
15	ИП В	6L			
16	-	11			
17	С/П	50			
18	БП	51			
19	00	00			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 8.2

5. С какой силой P будет действовать человек на пол кабины лифта,

движущегося вертикально вверх с ускорением $a = 1 \text{ м/с}^2$, при торможении? Масса человека равна 70 кг.

Решение

$$-P = m(a + g), P = -m(a + g), \\ P = -70 \text{ кг} \cdot (-1 \text{ м/с}^2 + 9,8 \text{ м/с}^2) = -616 \text{ Н}, |\vec{P}| = 616 \text{ Н}.$$

(Знак «минус» означает, что вес тела направлен против выбранного положительного направления.)

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4 5	См. инструкцию к программе 8.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 — $m = 70 \text{ кг}$ Р А — $a = -1 \text{ м/с}^2$ Р В — $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ Р Д — И = 0	70 П 0 1/-П А 9.81 П В 0 П Д С/П	70. —1. 9.81 0. 616.7
6	Вычислить T Результат вычислений: $P = -T; P \approx -617 \text{ Н}$		

Программа 8.2А

алг программа 8.2.А (вещ m, a, g, T)

арг m, a, g
рез T

нач

$$T := m(a + g)$$

кон

Тело массой m описывает окружность радиусом R со скоростью v вокруг второго тела массой M (рис. 13). Гравитационная постоянная G . Определить значения величин по известным данным:

6. Скорость v по известным m, M, R и G .
7. Массу M по известным R, v, G, m .
8. Радиус R по известным v, G, m, M .

Математическое описание задач 6—8

$$F = G \frac{Mm}{R^2};$$

$$ma = F;$$

$$a = \frac{v^2}{R};$$

$$F = \frac{mv^2}{R};$$

$$\frac{mv^2}{R} = \frac{GMm}{R^2}.$$

Расчетные формулы

$$6. v = \sqrt{G \frac{M}{R}}. 7. M = \frac{v^2 R}{G}. 8. R = G \frac{M}{v^2}.$$

Программа 8.3			Инструкция к программе 8.3		
Адрес	Команда	Кол	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П А	4—	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П В	4L			
04	П С	4C	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	ИП 9	69	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 — $M = 70 \text{ кг}$ Р А — $a = -1 \text{ м/с}^2$ Р В — $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ Р Д — И = 0	B/0 С/П
06	С/П	50		$P = M \cdot g$	(M) П 0
07	ИП 0	60		$P_A = G \cdot M \cdot a$	(G) П А
08	ИП А	6—		$P_B = G \cdot M \cdot g$	(R) П В
09	ИП В	6L		$P_C = G \cdot M \cdot v$	(v) П С
10	ИП С	6C		$P_D = G \cdot M \cdot I$	(I) П Д
11	F x^2	22		$I = -1$ для задачи 6	
12	x	12		$I = 0$ для задачи 7	
13	÷	13		$I = 1$ для задачи 8	
14	x	12			
15	П 9	49	6	Вычислить искомую величину	C/П
16	ИП Д	6Г		Для нового счета вернуться к п. 5	
17	F $x=0$	5E			
18	22	22			
19	ИП 9	69			
20	F $1/x$	23			
21	П 9	49			
22	ИП Д	6Г			
23	F $x < 0$	5C			
24	00	00			
25	ИП 9	69			
26	F \sqrt{x}	21			
27	П 9	49			
28	БП	51			
29	00	00			

Время вычисления — 7 с

Контрольная задача к программе 8.3

9. Определить линейную скорость спутника Земли, если радиус его орбиты $R = 42\,400$ км; масса Земли $M = 5,96 \cdot 10^{24}$ кг.

Решение

$$v = \sqrt{G \frac{M}{R}},$$

$$v = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2 \cdot \frac{5,96 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{4,24 \cdot 10^7 \text{ м}}} \approx 3100 \text{ м/с},$$

$$v \approx 3,1 \text{ км/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 8.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - M = 5,96 \cdot 10^{24}$ кг $P_A - G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$	5.96 ВП 24 П 0 6.67 ВП/-/11 П А 4.24 ВП 7 П В 1/-/ П Д С/П	5.96 24 6.67 -11 42400000 -1 3061.9854
6	Вычислить искомую скорость v Результат вычисления: $v = 3,06$ км/с		

Программа 8.3.А

алг программа 8.3.А (вещ M, G, R, v)

 арг M, G, R

 рез v

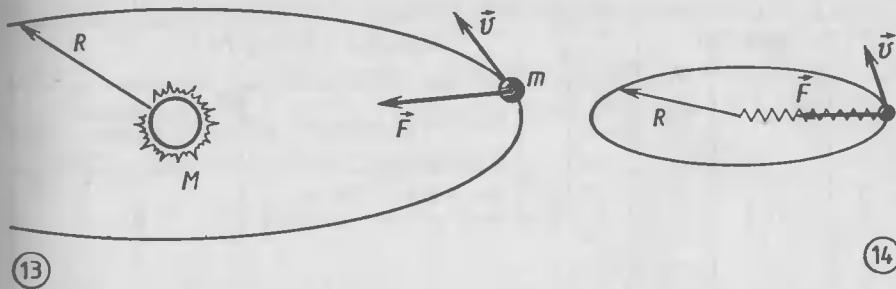
нач

$$v := \sqrt{G \frac{M}{R}}$$

кон

Тело массой m с линейной скоростью v движется по окружности радиусом R под действием силы упругости пружины, коэффициент жесткости которой равен k . Удлинение пружины равно Δx (рис. 14). Определить значения величин по известным данным:

10. Линейную скорость v по известным $m, R, k, \Delta x$.
11. Массу m по известным $v, R, k, \Delta x$.
12. Радиус окружности R по известным $v, m, k, \Delta x$.
13. Коэффициент жесткости k по известным $m, R, \Delta x, v$.
14. Удлинение пружины Δx по известным k, m, R, v .



Математическое описание задач 10-14

$$F = kx;$$

$$ma = F;$$

$$a = \frac{v^2}{R};$$

$$F = m \frac{v^2}{R};$$

$$\frac{mv^2}{R} = k\Delta x.$$

Расчетные формулы

$$10. v = \sqrt{\frac{Rk\Delta x}{m}}. \quad 11. m = \frac{Rk\Delta x}{v^2}. \quad 12. R = \frac{mv^2}{k\Delta x}.$$

$$13. k = \frac{mv^2}{R\Delta x}. \quad 14. \Delta x = \frac{mv^2}{kR}.$$

Программа 8.4			Инструкция к программе 8.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 1	41	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 2	42	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	П 3	43	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-k P 1-Δx P 2-R P 3-m P 4-v P Δ-И	B/0 С/П (k) П 0 (Δx) П 1 (R) П 2 (m) П 3 (v) П 4 (И) П Д
06	ИП 9	69			
07	С/П	50			
08	ИП 3	63			
09	ИП 2	62			
10	ИП 1	61			
11	ИП 0	60			
12	x	12	13	И=-1 для задачи 10 И=0 для задачи 11	

Продолжение

Программа 8.4			Инструкция к программе 8.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
14	\div	13			
15	ИП 4	64			
16	$F x^2$	22			
17	x	12			
18	П 9	49			
19	ИП Д	6Г			
20	$F x=0$	5Е			
21	25	25			
22	ИП 9	69			
23	$F 1/x$	23			
24	П 9	49			
25	ИП Д	6Г			
26	$F x < 0$	5С			
27	00	00			
28	ИП 9	69			
29	$F 1/x$	23			
30	$F \sqrt{\cdot}$	21			
31	П 9	49			
32	БП	51			
33	00	00			

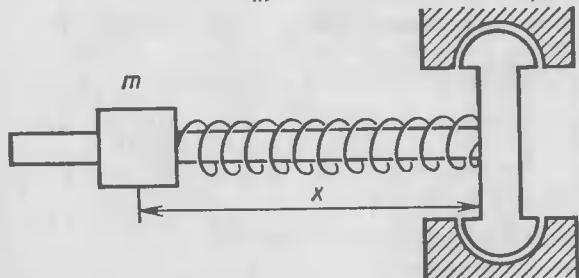
Время вычисления—8 с

Контрольная задача к программе 8.4

15. Муфта массой $m=10$ г находится на горизонтальном стержне, один из концов которого закреплен на оси вращения (рис. 15). Муфта соединена с осью вращения пружиной, жесткость которой $k=100$ Н/м. До начала движения пружина имела длину $x=10$ см. При движении пружина удлинилась на $\Delta x=1$ см. Определить скорость муфты v .

Решение

$$v = \sqrt{R \frac{k \Delta x}{m}}, v = \sqrt{0,11 \text{ м} \cdot \frac{100 \text{ Н/м} \cdot 0,01 \text{ м}}{0,01 \text{ кг}}} \approx 3,2 \text{ м/с.}$$



Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 8.4 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P 0 - k = 100$ Н/м $P 1 - \Delta x = 0,01$ м $P 2 - R = 0,11$ м $P 3 - m = 0,01$ кг $P D - I = -1$	$100 \text{ П } 0$ $Cx \text{ ВП } /-2 \text{ П } 1$ $0,11 \text{ П } 2$ $Cx \text{ ВП } /-2 \text{ П } 3$ $1/-/ \text{ П } D$ C/P	100. 1. -02 1.1. -01 1. -02 -1. 3.3166247
6	Вычислить искомую скорость v Результат вычисления: $v = 3,32$ м/с		

Программа 8.4.А

алг программа 8.4.А (вещ $k, \Delta x, R, m, v$)

арг $k, \Delta x, R, m$

рез v

нач

$$v := \sqrt{R \frac{k \Delta x}{m}}$$

кон

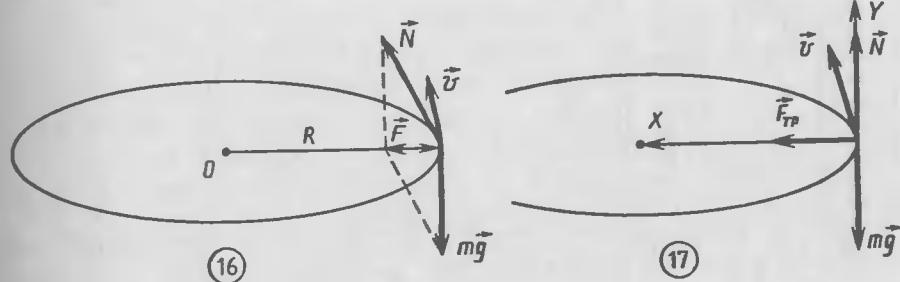
Математический маятник движется со скоростью v по окружности, радиус которой R (рис. 16). Его отклонение от вертикальной оси составляет угол α . Ускорение свободного падения g . Определить значения величин по известным данным:

16. Угол отклонения α по известным v, R, g .

17. Скорость v по известным R, g, α .

18. Велосипедист движется по окружности радиусом R со скоростью v (рис. 17). Определить угол его наклона от вертикали α , если ускорение свободного падения g .

19. Велосипедист движется по окружности радиусом R (см. рис. 17).



Угол его наклона от вертикали равен α , ускорение свободного падения g . Определить скорость, с которой велосипедист движется по окружности.

Математическое описание задач 16–19

$$\begin{aligned} m\ddot{a} &= \vec{N} + mg; \\ \begin{cases} ma = mg \operatorname{tg} \alpha, \\ 0 = N \cos \alpha - mg; \end{cases} \\ \operatorname{tg} \alpha &= \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g} = \frac{v^2}{Rg}. \end{aligned}$$

Расчетные формулы

$$16, 18. \alpha = \operatorname{arctg} \frac{v^2}{Rg}. \quad 17, 19. v = \sqrt{Rg \operatorname{tg} \alpha}.$$

Программа 8.5			Инструкция к программе 8.5		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П С	4C	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 9	69	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50			
04	ИП С	6C	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	F x ²	22	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-a P A-g P B-R P C-v P D-I	B/0 С/П (a) П 0 (g) П А (R) П В (v) П С (I) П Д
06	ИП В	6L		I=0 для задач 16, 18	
07	ИП А	6-		I=1 для задач 17, 19	
08	x	12		Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол α	
09	÷	13		Вычислить искомую величину α	
10	П 9	49		Результат вычисления: $\alpha \approx 22^\circ$	
11	ИП Д	6Г			
12	F x=0	5E			
13	19	19			
14	ИП 9	69			
15	F tg ⁻¹	1L	6	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол α	C/П
16	П 9	49	7	Вычислить искомую величину α	
17	БП	51		Для нового счета вернуться к п. 5	
18	00	00			
19	ИП 9	69			
20	F 1/x	23			
21	ИП 0	60			
22	F tg	1E			
23	x	12			
24	F √	21			
25	П 9	49			
26	БП	51			
27	00	00			

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 8.5

20. Велосипедист движется со скоростью 64 км/ч по горизонтальной плоскости, описывая дугу окружности радиусом 80 м. Определить угол наклона велосипедиста от вертикали.

Решение

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{v^2}{Rg}, \quad \alpha = \operatorname{arctg} \frac{(17,7 \text{ м/с})^2}{80 \text{ м} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 22^\circ.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.5

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 8.5		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A-g=9.81 м/с ² P B-R=80 м P C-v=(64 000 : 3600) м/с	9.81 П А 80 П В 64 ВП 3↑ 36 ВП 2 ÷ П С 0 П Д	9.81 80
6	Р Д-И=0		17.777777
7	Установить переключатель Р-Г в положение Г Вычислить искомую величину α Результат вычисления: $\alpha \approx 22^\circ$	C/П	0. 21.935299

Программа 8.5.А

алг программа 8.5.А (вещ g, R, v, α)

арг g, R, v

рез α

нач

$$\alpha := \operatorname{arctg} \frac{v^2}{Rg}$$

кон

21. Какую скорость должно иметь тело на повороте радиусом R , чтобы его не занесло (см. рис. 17)? Коэффициент трения μ , ускорение свободного падения g ; поверхность горизонтальная.

22. Определить минимальный радиус поворота, при котором тело, движущееся со скоростью v , не заносит (см. рис. 17). Коэффициент трения μ , ускорение свободного падения g ; поверхность горизонтальная.

23. Определить коэффициент трения μ , если тело на предельной скорости v описывает дугу радиусом R . Ускорение свободного падения g ; поверхность горизонтальная (см. рис. 17).

Математическое описание задач 21–23

$$\begin{aligned} m\ddot{a} &= \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}}; \\ F_{\text{тр}} &= \mu N; \\ \frac{mv^2}{R} &= \mu mg. \end{aligned}$$

Расчетные формулы

$$21. v = \sqrt{\mu R g}. \quad 22. R = \frac{v^2}{\mu g}. \quad 23. \mu = \frac{v^2}{R g}.$$

Программа 8.6		
Адрес	Команда	Код
00	1	01
01	П А	4-
02	П В	4L
03	П С	4C
04	П 0	40
05	ИП 9	69
06	С/П	50
07	ИП С	6C
08	F x ²	22
09	ИП 0	60
10	ИП А	6-
11	ИП В	6L
12	x	12
13	x	12
14	÷	13
15	П 9	49
16	ИП Д	6Г
17	F x=0	5E
18	00	00
19	ИП 9	69
20	F 1/x	23
21	F √	21
22	П 9	49
23	БП	51
24	00	00

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 8.6

24. Велосипедист движется по горизонтальной плоскости (см. рис. 17), описывая дугу окружности радиусом $R=80$ м, с максимально возможной при этом скоростью 64 км/ч. Определить коэффициент трения μ резины о почву.

Решение

$$\mu = \frac{v^2}{Rg}, \quad \mu = \frac{(17,7 \text{ м/с})^2}{80 \text{ м} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2} \approx 0,4.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.6

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 8.6 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P A - g = 9,81 \text{ м/с}^2$ $P B - R = 80 \text{ м}$ $P C - v = (64000 : 3600) \text{ м/с}$ $P D - I = 1$ Вычислить искомую величину μ Результат вычисления: $\mu \approx 0,4$	9.81 П А 80 П В 64 ВП 3 1 3600 ÷ П С 1 П Д С/П	9.81 80. 17.777777 1 4.0271323 -01
6	По тексту программы		

Программа 8.6.А

алг программа 8.6.А (вещ v, R, g, μ)

арг v, R, g

рез μ

нач

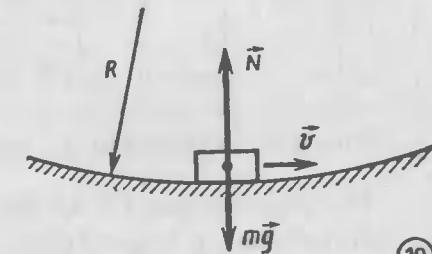
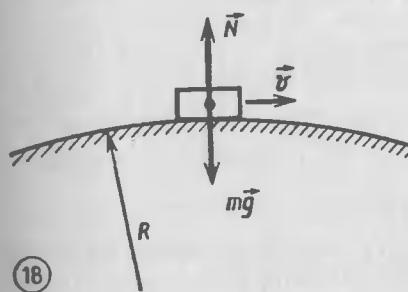
$$\mu := \frac{v^2}{Rg}$$

кон

25. Определить силу реакции опоры N (рис. 18) при движении тела массой m со скоростью v по выпуклой поверхности радиусом R .

26. Определить силу реакции опоры N (рис. 19) при движении тела массой m со скоростью v по вогнутой поверхности радиусом R .

27. Тело массой m на нити длиной l , которая равна радиусу окружности, вращается в вертикальной плоскости со скоростью v (рис. 20). Найти силу натяжения нити T в верхней точке траектории.



(18)

(19)

28. Тело массой m на нити длиной l , равной радиусу окружности, вращается в вертикальной плоскости со скоростью v (см. рис. 20). Найти силу натяжения нити T в нижней точке траектории.

Математическое описание задач 25–28

$$\begin{aligned} m\vec{a} &= \vec{N} + mg; \\ -ma &= N - mg \text{ или } ma = N - mg; \\ N &= mg - \frac{mv^2}{R} \text{ или } N = mg + \frac{mv^2}{R}; \\ m\vec{a} &= \vec{T} + mg; \\ -ma &= -T - mg \text{ или } ma = T - mg; \\ -T &= mg - \frac{mv^2}{R} \text{ или } T = mg + \frac{mv^2}{R}. \end{aligned}$$

Расчетные формулы

25, 27. $N = -T = mg - \frac{mv^2}{R}$. 26, 28. $N = T = mg + \frac{mv^2}{R}$.

Программа 8.7			Инструкция к программе 8.7		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП В	6L	1	Включить ПМК	
01	Fx^2	22	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП С	6C	3	Ввести программу	По тексту программы
03	\div	13	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04	ИП Д	6F		Ввести начальные данные в регистры памяти:	
05	x	12	5	$P_0 - m$ $P_A - g$ $P_B - v$ $P_C - R$ $P_D - I$	(m) П 0 (g) П А (v) П В (R) П С (I) П Д
06	ИП А	6-		$I = -1$ для задач 25, 27	
07	+	10		$I = 1$ для задач 26, 28	
08	ИП 0	60			
09	x	12			
10	С/П	50			
11	БП	51			
12	00	00	6	Вычислить N (T , если решалась задача 28, или $-T$, если решалась задача 27) Для нового счета вернуться к п. 5	C/P

Время вычисления – 4 с

Контрольная задача к программе 8.7

29. Самолет со скоростью $v = 360$ км/ч выходит из «пике» по окружности радиусом $R = 1000$ м (см. рис. 20). С какой силой пилот массой

$m = 70$ кг прижимается к креслу в нижней точке дуговой траектории?

Решение

$$P = -N;$$

$$N = mg + \frac{mv^2}{R},$$

$$N = 70 \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 + \frac{70 \text{ кг} \cdot (100 \text{ м/с})^2}{1000 \text{ м}} \approx 1400 \text{ Н};$$

$$P = -1400 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.7

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 8.7 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - m = 70$ кг $P_A - g = 9,8$ м/с ² $P_B - v = 100$ м/с $P_C - R = 1000$ м $P_D - I = 1$	70 П 0 9,81 П А 100 П В 1000 П С 1 П Д С/П	70. 9,81 100. 1000. 1. 1386.7
6	Вычислить $N = -P$ Результат вычисления: $P \approx -1390$ Н		

Программа 8.7.А

алг программа 8.7.А (вещ m, g, v, R, I, N)

арг m, g, v, R, I

рез N

нач

$$N := m \left(g + I \frac{v^2}{R} \right)$$

кон

30. Определить высоту h , на которую через некоторое время t поднимется тело, брошенное вертикально вверх со скоростью v_0 . Ускорение свободного падения g .

31. Определить начальную скорость v_0 тела, брошенного вертикально вверх, если за какое-то время t оно достигло высоты h .

32. Определить, за какое время t тело, брощенное вертикально вверх, достигнет высоты h , если его начальная скорость равна v_0 .

Математическое описание задач 30–32

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

Расчетные формулы

$$30. h = v_0 t - \frac{gt^2}{2}.$$

$$31. v_0 = \frac{h}{t} + \frac{gt}{2}.$$

$$32. t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 2gh}}{g}.$$

Программа 8.8			Инструкция к программе 8.8		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП Д	6Г	1	Включить ПМК	
01	F x < 0	5С	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	15	15	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП В	6L	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ В/0
04	ИП 0	60	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - g P B - v ₀ P C - h P 0 - t P D - И	(g) П А (v ₀) П В (h) П С (t) П 0 (И) П Д
05	x	12		I = -1 для задачи 30 I = 0 для задачи 31 I = 1 для задачи 32	
06	ИП А	6-	6	Вычислить искомую величину	С/П
07	ИП 0	60	7	Если I = 1, вычислить второе значение t Если I ≠ 1, перейти к п. 5 Для нового счета вернуться к п. 5	С/П
08	F x ²	22			
09	2	02			
10	÷	13			
11	x	12			
12	-	11			
13	БП	51			
14	49	49			
15	ИП Д	6Г			
16	F x = 0	5E			
17	29	29			
18	ИП С	6C			
19	ИП 0	60			
20	÷	13			
21	ИП А	6-			
22	ИП 0	60			
23	2	02			
24	÷	13			
25	x	12			
26	+	10			
27	БП	51			
28	49	49			
29	ИП В	6L			
30	F x ²	22			
31	ИП А	6-			
32	ИП С	6C			
33	2	02			
34	x	12			
35	x	12			
36	-	11			

Программа 8.8			Инструкция к программе 8.8		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
37	F/	21			
38	П 9	49			
39	ИП В	6L			
40	+	10			
41	ИП А	6-			
42	÷	13			
43	С/П	50			
44	ИП В	6L			
45	ИП 9	69			
46	-	11			
47	ИП А	6-			
48	÷	13			
49	С/П	50			
50	БП	51			
51	00	00			

Время вычисления — 5 с

Контрольная задача к программе 8.8

33. Снаряд зенитной пушки, выпущенный вертикально вверх со скоростью 800 м/с, достиг цели через 6 с. На какой высоте находился самолет противника?

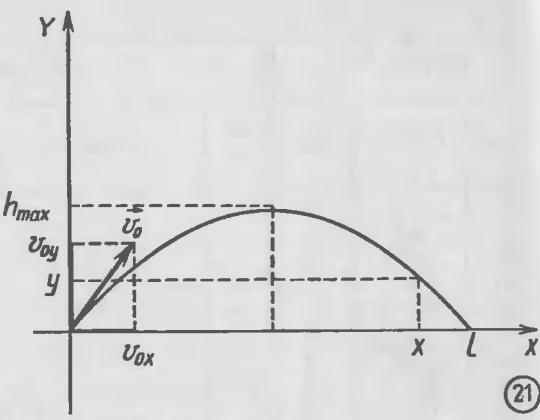
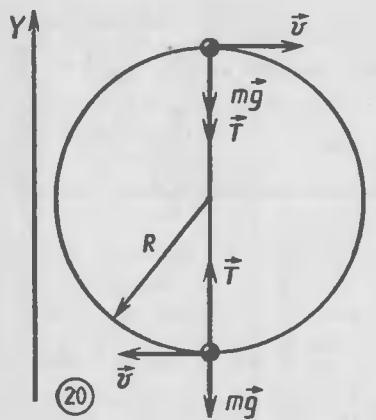
Решение

$$h = v_0 t - \frac{gt^2}{2},$$

$$h = 800 \text{ м/с} \cdot 6 \text{ с} - \frac{9,81 \text{ м/с}^2 \cdot (6 \text{ с})^2}{2} \approx 4600 \text{ м.}$$

Инструкции к решению контрольной задачи по программе 8.8

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 8.8 Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - g = 9,81 м/с ² P B - v ₀ = 800 м/с P 0 - t = 6 с P D - И = -1	9,81 П А 800 П В 6 П 0 1/- П Д С/П	9,81 800. 6. -1. 4623.42
6 7	Вычислить искомую величину h Перейти к п. 5, так как И ≠ 1 Результат вычисления: h = 4623 м		



Программа 8.8.А

```
алг программа 8.8.А (вещ  $v_0$ ,  $t$ ,  $g$ ,  $h$ )
арг  $v_0$ ,  $t$ ,  $g$ 
рез  $h$ 
```

нач

$$h := v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

кон

34. Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0 (рис. 21). Найти время полета тела, максимальную высоту подъема и дальность полета.

Математическое описание задачи 34

$$x = v_0 t \cos \alpha;$$

$$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

В конце полета $y = 0$, откуда

$$t_1 = 0; \quad t_2 = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g};$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g};$$

$$t_{\text{под}} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g};$$

$$h_{\text{макс}} = v_0 \sin \alpha \frac{v_0 \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \left(\frac{v_0 \sin \alpha}{g} \right)^2 = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g};$$

$$l = v_0 \cos \alpha \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Расчетные формулы

$$14. \quad t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g};$$

$$h_{\text{макс}} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}; \quad l = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Программа 8.9			Инструкция к программе 8.9		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП А	6-	1	Включить ПМК	
01	F sin	1C	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП В	6L	3	Ввести программу	По тексту программы
03	2	02			F АВТ
04	ИП С	6C	4	Перейти в режим F АВТ	
05	÷	13	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	F/0
06	x	12		P A - α	(a) П А
07	x	12		P B - v_0	(v ₀) П В
08	C/P	50		P C - g	(g) П С
09	ИП А	6-	6	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол α	
10	F sin	1C		Вычислить t	C/P
11	F x ²	22	7	Вычислить $h_{\text{макс}}$	C/P
12	ИП В	6L	8	Вычислить l	C/P
13	F x ²	22	9	Для нового счета вернуться к п. 5	
14	ИП С	6C			
15	2	02			
16	x	12			
17	÷	13			
18	x	12			
19	C/P	50			
20	ИП А	6-			
21	2	02			
22	x	12			
23	F sin	1C			
24	ИП В	6L			
25	F x ²	22			
26	ИП С	6C			
27	÷	13			
28	x	12			
29	C/P	50			
30	БП	51			
31	00	00			

Время вычисления t , $h_{\text{макс}}$ — по 4 с, l — 5 с

Контрольная задача к программе 8.9

35. Из орудия под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рис. 21) вылетает снаряд со скоростью $v_0 = 800$ м/с. Определить максимальную высоту подъема h_{\max} и дальность полета l .

Решение

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}, \quad h_{\max} = \frac{(800 \text{ м/c} \cdot \sin 30^\circ)^2}{2 \cdot 9,81 \text{ м/c}^2} \approx 8000 \text{ м};$$

$$l = \frac{v_0^2 \sin 2 \alpha}{g}, \quad l = \frac{(800 \text{ м/c})^2 \sin(2 \cdot 30^\circ)}{9,81 \text{ м/c}^2} \approx 56000 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.9

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 8.9		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - $\alpha = 30$ P B - $v_0 = 800$ м/с P C - $g = 9,81$ м/с ²	30 П А 800 П В 9,81 П С	30. 800. 9,81
6	Установить переключатель Р-Г в положение Г		
7	Вычислить t	С/П	81.549438
8	Вычислить h_{\max}	С/П	8154.9444
9	Вычислить l Результат вычислений: $h_{\max} \approx 8150$ м; $l \approx 56500$ м	С/П	56499.111

Программа 8.9.А

алг программа 8.9.А (вещ $\alpha, v_0, g, t, h_{\max}, l$)

арг α, v_0, g
рез t, h_{\max}, l

нач

$$t := \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}$$

$$h_{\max} := \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$$

$$l := \frac{v_0^2 \sin 2 \alpha}{g}$$

кон

36. Из уравнения траектории тела, брошенного со скоростью v_0 под углом α к горизонту, определить высоту y на расстоянии x от точки бросания (см. рис. 21).

37. Построить траекторию полета тела, брошенного под углом к горизонту.

Математическое описание задач 36, 37

$$v_{0x} = v_0 \cos \alpha; \quad v_{0y} = v_0 \sin \alpha;$$

$$x = v_0 t \cos \alpha; \quad y = v_0 t \sin \alpha + \frac{|g| t^2}{2};$$

$$y = -\frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha.$$

Расчетная формула

$$36, 37. \quad y = -\frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} + x \tan \alpha.$$

Программа 8.10			Инструкция к программе 8.10		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП Д	6Г	1	Включить ПМК	
01	ИП С	6С	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	ИП В	6Л	3	Ввести программу	
03	ИП А	6-			
04	F cos	11	4	Перейти в режим F АВТ	
05	x	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - α P B - v_0 P C - g P D - x	
06	F x ²	22			(a) П А
07	2	02			(v ₀) П В
08	x	12			(g) П С
09	÷	13			(x) П Д
10	↔	14	6	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол α	
11	F x ²	22		Вычислить у	
12	x	12	7	Для нового счета вернуться к п. 5	
13	ИП А	6-			
14	F tg	1Е			
15	ИП Д	6Г			
16	x	12			
17	↔	14			
18	-	11			
19	С/П	50			
20	БП	51			
21	00	00			

Время вычисления - 9 с

Контрольная задача к программе 8.10

38. Из зенитной пушки, установленной под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту, был сбит самолет. Расстояние по горизонтали до упавшего самолета $x = 500$ м. Начальная скорость снаряда $v_0 = 800$ м/с. Определить, на какой высоте находился самолет.

Решение

$$y = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha},$$

$$y = 500 \text{ м} \cdot \operatorname{tg} 60^\circ - \frac{9,81 \text{ м/с}^2 \cdot (500 \text{ м})^2}{2 \cdot (800 \text{ м/с} \cdot \cos 60^\circ)^2} \approx 850 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.10

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 8.10		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - $\alpha = 60^\circ$ P B - $v_0 = 800 \text{ м/с}$ P C - $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ P D - $x = 500 \text{ м}$	60 П А 800 П В 9,81 П С 500 П Д	60. 800. 9,81 500.
6	Установить переключатель Р-Г в положение Г		
7	Вычислить у Результат вычисления: $y \approx 860 \text{ м}$	С/П	858,36134

Программа 8.10.А

```
алг программа 8.10.А (вещ  $\alpha$ ,  $v_0$ ,  $g$ ,  $x$ ,  $y$ )
    арг  $\alpha$ ,  $v_0$ ,  $g$ ,  $x$ 
    рез  $y$ 
```

нач

$$y := x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}$$

кон

39. Тело находится на наклонной плоскости. Определить силу трения $F_{\text{тр}}$, зная массу тела m , угол наклона плоскости к горизонту α , коэффициент трения μ и ускорение свободного падения g .

40. В предыдущей задаче определить угол наклона α по известным $F_{\text{тр}}$, g , m , μ .

41. Из условия задачи 39 определить массу тела m по известным $F_{\text{тр}}$, g , μ , α .

42. В задаче 39 определить коэффициент трения μ по известным $F_{\text{тр}}$, g , α , m .

Математическое описание задач 39-42

$$F_{\text{тр}} = \mu N, F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha;$$

$$N = mg \cos \alpha.$$

Расчетные формулы

$$39. F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha. 40. \alpha = \arccos \frac{F_{\text{тр}}}{\mu mg}.$$

$$41. m = \frac{F_{\text{тр}}}{\mu g \cos \alpha}. 42. \mu = \frac{F_{\text{тр}}}{mg \cos \alpha}.$$

Программа 8.11			Инструкция к программе 8.11		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	Сх	0Г	1	Включить ПМК	
01	П А	4-	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	1	01	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 1	41			
04	П 2	42	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	П 3	43	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - α P 1 - m P 2 - g P 3 - μ P 4 - $F_{\text{тр}}$ РД - И	B/0 С/П
06	П 4	44		(a) П А	
07	ИП 9	69		(m) П 1	
08	С/П	50		(g) П 2	
09	ИП 3	63		(μ) П 3	
10	ИП 2	62		($F_{\text{тр}}$) П 4	
11	ИП 1	61		(И) П Д	
12	ИП А	6-	6	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол α . Вычислить искомую величину Для итогового счета вернуться к п. 5	C/П
13	F cos	1Г			
14	х	12			
15	х	12			
16	х	12			
17	ИП 4	64	7		
18	÷	13			
19	П 9	49			
20	ИП Д	6Г			
21	Fx < 0	5С			
22	26	26			
23	ИП 9	69			
24	F 1/x	23			
25	П 9	49			
26	ИП Д	6Г			
27	F x = 0	5Е			
28	00	00			
29	ИП 9	69			
30	F arccos	1-			
31	П 9	49			
32	БП	51			
33	00	00			

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 8.11

43. По наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 40^\circ$ скользит вниз брускок массой $m = 0,5$ кг. Найти силу трения, если коэффициент трения μ равен 0,1.

Решение

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha,$$

$$F_{\text{тр}} = 0,1 \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \cdot \cos 40^\circ \approx 3,8 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 8.11

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 8.11 Ввести начальные данные в регистры памяти: P A – $\alpha = 40^\circ$ P 1 – $m = 0,5$ кг P 2 – $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ P 3 – $\mu = 0,1$ P Д – И = 1 (так как решается задача типа 39)	40 П А 0,5 П 1 9,81 П 2 0,1 П 3 1. ПД	40. 5. –01 9,81. 1. –01 1.
6	Перевести переключатель Р – Г в положение Г		
7	Вычислить силу трения $F_{\text{тр}}$ Результат вычисления: $F_{\text{тр}} \approx 0,38$ Н	С/П	3,7574484 –01

Программа 8.11.А

алг программа 8.11.А (вещ $m, g, \mu, \alpha, F_{\text{тр}}$)

арг μ, g, m, α
рез $F_{\text{тр}}$

нач

$$F_{\text{тр}} := \mu mg \cos \alpha$$

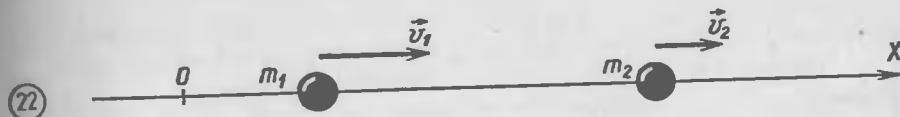
кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 8.1–8.11: Р., № 173, 174, 177, 185, 186, 193–196, 211–218, 220, 222, 229–231, 235–239, 241–245, 247, 251–253, 263–265, 270, 275–284.

ГЛАВА 3. ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

§ 9. Закон сохранения импульса. Реактивное движение

1. Рассматривается неупругое столкновение двух тел, движущихся по одной прямой (рис. 22). Определить скорость v_0 совместного движения тел, если скорости тел до столкновения равнялись v_1 и v_2 , а массы соответственно m_1 и m_2 .



2. В предыдущей задаче найти v_1 по известным v_0, v_2, m_1, m_2 .
3. Определить скорость v_1 тела массой m_1 , если от него отделилось тело массой m_2 со скоростью v_2 . Скорость совместного движения тел до разделения v_0 .

Математическое описание задач 1–3

Закон сохранения импульса:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}_0.$$

Расчетные формулы

$$1. v_0 = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1}.$$

$$2, 3. v_1 = \frac{(m_1 + m_2) v_0 - m_2 v_2}{m_1}.$$

Программа 9.1			Инструкция к программе 9.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП Д	6Г	1	Включить ПМК	
01	F х = 0	5Е	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	17	17	3	Ввести программу	По тексту программы F АВТ В/0
03	ИП 1	61			
04	ИП А	6 –	4	Перейти в режим F АВТ	
05	х	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 – m_1 Р 2 – m_2 Р А – v_1 Р В – v_2 Р С – v_0 Р Д – И	
06	ИП 2	62			(m_1) П 1
07	ИП В	6L			(m_2) П 2
08	х	12			(v_1) П А
09	+	10			(v_2) П В
10	ИП 1	61			(v_0) П С
11	ИП 2	62			(И) П Д
12	+	10	6	I = 0, если решается задача 1	C/П
13	÷	13		I = 1, если решаются задачи 2, 3	
14	С/П	50	7	Вычислить искомую скорость	
15	БП	51		Для нового счета вернуться	
16	00	00		к п. 5	
17	ИП 1	61			
18	ИП 2	62			
19	+	10			
20	ИП С	6С			
21	х	12			
22	ИП 2	62			

Продолжение

Программа 9.1			Инструкция к программе 9.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
23	ИП В	6L			
24	х	12			
25	—	11			
26	ИП 1	61			
27	÷	13			
28	С/П	50			
29	БП	51			
30	00	00			

Время вычисления — 5 с

Контрольная задача к программе 9.1

4. Снаряд массой 100 кг, летящий горизонтально вдоль железнодорожного пути со скоростью 500 м/с, попадает в вагон с песком массой 10 т и застревает в нем. Какую скорость получит вагон, если он двигался со скоростью 36 км/ч в направлении, противоположном движению снаряда?

Решение

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}_0;$$

$$m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v_0;$$

$$v_0 = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

$$v_0 = \frac{100 \text{ кг} \cdot 500 \text{ м/с} - 10000 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}}{100 \text{ кг} + 10000 \text{ кг}} = -5 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 9.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 9.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 — $m_1 = 100$ кг Р 2 — $m_2 = 10000$ кг Р А — $v_1 = 500$ м/с Р В — $v_2 = -10$ м/с Р Д — И = 0 (так как решается задача типа 1) Вычислить искомую скорость движения после неупругого столкновения Результат вычисления: $v_0 = -5$ м/с	100 П 1 ВП 2 П 2 500 П А 10/-П В 0 П Д С/П	100. 10 000. 500. -10. 0 -4.950495
6			

Программа 9.1.А

алг программа 9.1.А (вещ m_1, m_2, v_1, v_2, v_0)

арг m_1, m_2, v_1, v_2

рез v_0

нач

$$v_0 := \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 9.1: Р., № 347—353.

§ 10. Механическая работа.

Кинетическая и потенциальная энергии

1. Какая работа совершается при поднятии тела массой m на высоту h с ускорением a ?

2. Какой потенциальной энергией обладает тело, находящееся на высоте h , если его масса равна m , плотность ρ_t и объем V ?

3. Какая работа совершается при поднятии тела плотностью ρ_t в жидкости плотностью ρ_x на высоту h , если объем тела V ?

4. Какой потенциальной энергией обладает тело, находящееся на высоте h в жидкости плотностью ρ_x , если его плотность ρ_t , а объем V ?

Математическое описание задач 1-4

$$A = Fh;$$

$$E_{\pi} = mgh = \rho_t Vgh;$$

$$F_1 = \rho_x Vg.$$

Расчетные формулы

$$1. A = mgh, A = mh(g - a).$$

$$2. E_{\pi} = mgh = \rho_t Vgh.$$

$$3. A = (\rho_t - \rho_x) Vgh.$$

$$4. E_{\pi} = (\rho_t - \rho_x) Vgh.$$

Программа 10.1			Инструкция к программе 10.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	Сх	0Г	1	Включить ПМК	
01	П 6	46	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 5	45	3	Ввести программу	
03	1	01			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 3	43	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	П 2	42		P 6 — ρ_x	(ρ_x) П 6
07	П 1	41		P 5 — a	(a) П 5
08	П 0	40		P 4 — ρ_t	(ρ_t) П 4

Продолжение

Программа 10.1			Инструкция к программе 10.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
09	ИП 9	69		P 3 - g	(g) П 3
10	С/П	50		P 2 - V	(V) П 2
11	ИП 4	64		P 1 - h	(h) П 1
12	ИП 6	66		P 0 - m	(m) П 0
13	-	11			С/П
14	ИП 5	65	6	Вычислить работу A (энергию E_n) Для нового счета вернуться к п. 5	
15	ИП 3	63			
16	-	11			
17	x	12			
18	ИП 2	62			
19	ИП 1	61			
20	ИП 0	60			
21	x	12			
22	x	12			
23	x	12			
24	П 9	49			
25	БП	51			
26	00	00			

Время вычисления — 7 с

Контрольная задача к программе 10.1

5. В воде с глубины 5 м поднимают до поверхности камень объемом 0,6 м³. Плотность камня 2500 кг/м³. Найти работу по подъему камня.

Решение

$$A = (\rho_t - \rho_{\infty}) Vgh,$$

$$A = (2500 \text{ кг/м}^3 - 1000 \text{ кг/м}^3) \cdot 0,6 \text{ м}^3 \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \text{ м} \approx 44000 \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 10.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 10.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 6 - $\rho_{\infty} = 1000 \text{ кг/м}^3$ P 4 - $\rho_t = 2500 \text{ кг/м}^3$ P 3 - $g = 9.81 \text{ м/с}^2$ P 2 - $V = 0.6 \text{ м}^3$ P 1 - $m = 5 \text{ м}$	P 6 П 6 2500 П 4 9.81 П 3 0.6 П 2 5 П 1 С/П	1000. 2500. 9.81 6. -01 5. -44145.
6	Вычислить работу A Результат вычисления: $A = 44$ кДж		

Программа 10.1.А

алг программа 10.1.А (вещ ρ_t , ρ_{∞} , V , g , h , A)

арг ρ_t , ρ_{∞} , V , g , h

рез A

нач

$$A := (\rho_t - \rho_{\infty}) Vgh$$

кон

6. Определить кинетическую энергию E_k движущегося тела, скорость которого v , масса m .

7. Определить скорость v движущегося тела массой m , имеющего кинетическую энергию E_k .

8. Определить массу m движущегося тела, если его скорость v , а кинетическая энергия E_k .

9. Определить потенциальную энергию E_n пружины с коэффициентом жесткости k , сжатой на величину x .

10. Определить величину деформации x пружины, если ее потенциальная энергия E_n , а коэффициент жесткости k .

11. Определить коэффициент жесткости пружины k по известным E_n и x .

Математическое описание задач 6-11

$$E_k = \frac{mv^2}{2};$$

$$E_n = \frac{kx^2}{2}.$$

Расчетные формулы

$$6. E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad 7. v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}}.$$

$$8. m = \frac{2E_k}{v^2}. \quad 9. E_n = \frac{kx^2}{2}.$$

$$10. x = \sqrt{\frac{2E_n}{k}}. \quad 11. k = \frac{2E_n}{x^2}.$$

Программа 10.2			Инструкция к программе 10.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П А	4-	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П В	4L			F АВТ В/0 С/П
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 - m (или k) P A - E _k (или E _p) P B - v (или x) P D - I	(m) П 0 (E _k) П А (v) П В (I) П Д
06	ИП 0	60		I=1 для задач 6, 9	
07	ИП В	6L		I=0 для задач 7, 10	
08	F x ²	22		I=-1 для задач 8, 11	
09	ИП А	6-		Вычислить искомую величину	C/П
10	2	02		Для нового счета вернуться к п. 5	
11	x	12			
12	÷	13			
13	x	12			
14	П 9	49			
15	ИП Д	6Г			
16	F x < 0	5C			
17	21	21			
18	ИП 9	69			
19	F 1/x	23			
20	П 9	49			
21	F x = 0	5E			
22	00	00			
23	ИП 9	69			
24	F 1/x	23			
25	F √	21			
26	П 9	49			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления—5 с

Контрольная задача к программе 10.2

12. Поражающее действие пули, характеризующееся наименьшей энергией, которой должна обладать пуля, чтобы вывести противника из строя, равно примерно 80 Дж. Какая скорость пули, имеющей массу 7,9 г, соответствует такой энергии?

Решение

$$v = \sqrt{\frac{2E_k}{m}},$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 80 \text{ Дж}}{7,9 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}} \approx 140 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 10.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 10.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 - m = 7,9 · 10 ⁻³ кг P A - E = 80 Дж P D - I = 0 (так как решается задача типа 7)	0.0079 П 0 80 П А 0 П Д	7.9 -03 80. 0.
6	Вычислить искомую скорость v Результат вычисления: v = 142 м/с	C/П	142.31361

Программа 10.2.А

алг программа 10.2.А (вещ E_k, вещ m, вещ v)
арг E_k, m
рез v

нач

$$v := \sqrt{\frac{2E_k}{m}}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 10.1–10.2: Р., № 355–357, 360–364, 367–369.

§ 11. Закон сохранения энергии в механических процессах

1. Найти работу A сил сопротивления среды, совершающую над телом массой m, высота которого в поле силы тяжести изменилась на Δ h (положительное направление вниз), а скорость возросла от v₀ до v. Найти силу F сопротивления среды, если работа совершена на пути l.

2. Найти работу A, совершающую силами сопротивления, и силу F сопротивления среды движению тела массой m, если его скорость изменилась от v₀ до v на пути l.

3. Найти работу A сил сопротивления среды и силу сопротивления среды F, если тело массой m, упав с высоты h₁ = h - l, погрузилось в среду на глубину l.

4. Определить изменение кинетической энергии Δ E_k тела массой m, если его скорость возросла от v₀ до v.

Математическое описание задач 1–4

$$A = Fl.$$

Закон сохранения энергии в механических процессах:

$$A = \Delta E = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv^2}{2} + mgh.$$

Расчетные формулы

$$1. A = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2 + 2gh). \quad 1-3. F = \frac{A}{l}. \quad 2. A = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2).$$

$$3. A = mgh. \quad 4. \Delta E = \frac{m}{2} (v^2 - v_0^2).$$

Программа 11.1			Инструкция к программе 11.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	Сх	0Г	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 1	41	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 2	42	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	ИП 9	69	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-v ₀ P 1-v P 2-h P 3-m P 4-l	B/0 С/П (v ₀) П 0 (v) П 1 (h) П 2 (m) П 3 (l) П 4
05	С/П	50			
06	ИП 0	60	6	Вычислить работу A (или изменение кинетической энергии ΔE _k)	C/П
07	F x ²	22			
08	ИП 1	61	7	Если задачи 1-3, то вычислить силу сопротивления F Если задача 4, подготовиться к новому счету Для нового счета вернуться к п. 5	C/П B/0 C/П
09	F x ²	22			
10	-	11			
11	2	02			
12	ИП 2	62			
13	9	09			
14	.	0-			
15	8	08			
16	х	12			
17	х	12			
18	+	10			
19	ИП 3	63			
20	2	02			
21	+	13			
22	х	12			
23	С/П	50			
24	ИП 4	64			
25	÷	13			
26	П 9	49			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления работы – 6 с, силы – 2 с

Контрольная задача к программе 11.1

5. Пуля, летящая со скоростью 400 м/с, попадает в вал и проходит до момента остановки 0,5 м. Определить силу сопротивления вала движению пули, если ее масса 24 г.

Решение

$$A = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}.$$

Так как $v_2 = 0$, то $A = \frac{mv_1^2}{2}$,

$$A = \frac{0,024 \text{ кг} \cdot (400 \text{ м/с})^2}{2} = 1920 \text{ Дж};$$

$$F = \frac{A}{l}, \quad F = \frac{1920 \text{ Дж}}{0,5 \text{ м}} = 3840 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 11.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4			
5	См. инструкцию к программе 11.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-v ₀ = 400 м/с P 3-m = 0,024 кг P 4-l = 0,5 м	400 П 0 0,024 П 3 0,5 П 4	400. 2.4 –02 5. –01
6	Вычислить работу сил сопротивления среды A	C/П	1920.
7	Вычислить силу сопротивления среды F Результат вычисления: F = 3,84 кН	C/П	3840.

Программа 11.1

алг программа 11.1.А (вещ v_1, v_2, m, l, A, F)

арг v_1, v_2, m, l
рез A, F

нач

$$A := (m/2) (v_1^2 - v_2^2)$$

$$F := A/l$$

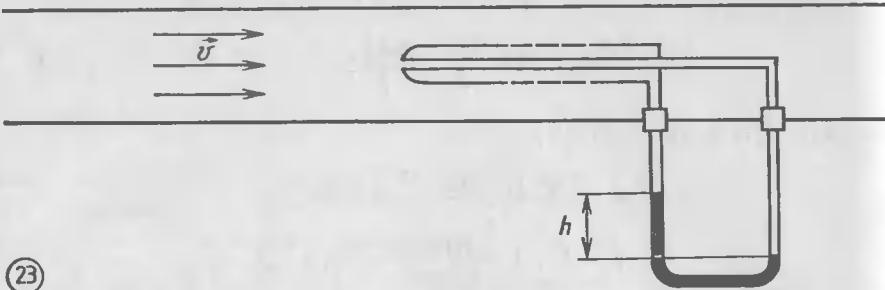
кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 11.1: Р., № 355, 363, 404, 405, 411–413.

§ 12. Зависимость давления жидкости от скорости ее течения

Задачами этого параграфа учитель может воспользоваться на факультативных занятиях.

1. Определить скорость v потока воздуха, имеющего плотность ρ , с помощью трубки Пито (рис. 23), если разность уровней жидкости в коленях манометра h , а ее плотность ρ_1 .



(23)

Математическое описание задачи 1

Из уравнения Бернулли имеем

$$p_{\text{пол}} = p_{\text{ст}} + \frac{\rho v^2}{2},$$

$$p_{\text{пол}} - p_{\text{ст}} = \frac{\rho v^2}{2};$$

$$\rho_1 g h = \frac{\rho v^2}{2}.$$

Расчетная формула

$$1. v = \sqrt{\frac{2\rho_1 gh}{\rho}}.$$

Программа 12.1			Инструкции к программе 12.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 3	63	1	Включить ПМК	
01	ИП 2	62	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	ИП 1	61	3	Ввести программу	
03	ИП 0	60			
04	÷	13	4	Перейти в режим F АВТ	
05	х	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06				P 0 – ρ	(ρ) П 0
07				P 1 – ρ ₁	(ρ ₁) П 1
08				P 2 – g	(g) П 2
09	F √	21		P 3 – h	(h) П 3
10	С/П	50	6	Вычислить скорость v	С/П
11	БП	51		Для нового счета вернуться к п. 5	
12	00	00			

Время вычисления – 4 с

Контрольная задача к программе 12.1

2. Скорость воздуха измеряют трубкой Пито (см. рис. 23). Какова скорость v воздуха, если разность уровней воды в манометре $\Delta h = 65$ см?

Решение

$$v = \sqrt{\frac{2\rho_1 g \Delta h}{\rho}},$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1000 \text{ кг/м} \cdot 9,81 \text{ м/с} \cdot 0,65 \text{ м}}{1,29 \text{ кг/м}^3}} \approx 100 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 12.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 12.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 – ρ = 1.29 кг/м ³ P 1 – ρ ₁ = 1000 кг/м ³ P 2 – g = 9.81 м/с ² P 3 – h = 0.65 м	1.29 П 0 1000 П 1 9.81 П 2 0.65 П 3 С/П	1.29 1000. 9.81 6.5 –01 99.428599
6	Вычислить v Результат вычисления: $v \approx 99.5$ м/с		

Программа 12.1.А

алг программа 12.1.А (вещ ρ, ρ_1, g, h, v)

арг ρ, ρ_1, h, g
рез v

нач

$$v := \sqrt{\frac{2\rho_1 gh}{\rho}}$$

кон

3. На полу находится цилиндрический сосуд высотой h . Сосуд наполняют полностью водой. На высоте h_1 (считая от поверхности пола) пробито отверстие. На какое расстояние l от сосуда на пол попадает вытекающая жидкость?

4. Определить скорость v вытекающей жидкости (см. условие задачи 3).

Математическое описание задач 3, 4

Из уравнения Бернулли имеем

$$p + \rho g h + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2.$$

Из условия задачи известно, что $p = p_1$, $v = 0$.
Следовательно,

$$Qgh = Qgh_1 + \frac{1}{2} Q v_1^2;$$

$$v_1 = \sqrt{2g(h - h_1)};$$

$$l = v_1 t = \sqrt{2g(h - h_1) t^2};$$

$$h_1 = \frac{gt^2}{2}; \quad l = 2\sqrt{(h - h_1)h_1}.$$

Расчетные формулы

3. $l = 2\sqrt{h_1(h - h_1)}$. 4. $v_1 = \sqrt{2g(h - h_1)}$

Программа 12.2			Инструкция к программе 12.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П 1	41	1	Включить ПМК	
01	ИП Д	6Г	2	Перейти в режим F ИРГ	B/0 F ИРГ
02	F x=0	5Е	3	Ввести программу	По тексту программы F АВТ В/0
03	08	08			
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
05	4	04	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0-h Р Д-И	(h) П 0 (И) П Д
06	БП	51			
07	13	13			
08	9	09			
09	.	0-			
10	8	08	6	И=0 для задачи 3 И=1 для задачи 4 Ввести h_1	(h ₁)
11	↑	0Е	7	Определить искомые величины l или v	C/П
12	2	02		Для нового счета вернуться к п. 5	
13	к	12			
14	ИП 0	60			
15	ИП 1	61			
16	-	11			
17	x	12			
18	F √	21			
19	С/П	50			
20	БП	51			
21	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 12.2

5. На полу помещается цилиндрический сосуд высотой $h = 1$ м. Сосуд наполняется полностью водой. На какой высоте h_1 нужно сделать отверстие в стенке сосуда, чтобы вытекающая из него струя жидкости оказывалась на полу на максимальном расстоянии l_{\max} от боковой стенки сосуда?

Решение

$$l_{(h_1=0 \text{ м})} = 2\sqrt{0 \cdot (1 - 0)} = 0 \text{ м};$$

$$l_{(h_1=0,25 \text{ м})} = 2\sqrt{0,25 \cdot (1 - 0,25)} \approx 0,85 \text{ м};$$

$$l_{(h_1=0,5 \text{ м})} = 2\sqrt{0,5 \cdot (1 - 0,5)} = 1 \text{ м};$$

$$l_{(h_1=0,75 \text{ м})} = 2\sqrt{0,75 \cdot (1 - 0,75)} \approx 0,85 \text{ м};$$

$$l_{(h_1=1 \text{ м})} = 2\sqrt{1 \cdot (1 - 1)} = 0 \text{ м}; \quad l_{\max} = 1 \text{ м при } h_1 = 0,5 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 12.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 12.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0-h = 1 м Р Д-И=0 (так как решается задача типа 3)	1 П 0 0 П Д 0	1. 0. 0.
6 7	Ввести $h_1 = 0$ м Определить l при $h_1 = 0$ м Перейти к п. 6 (так как все параметры задачи, за исключением h_1 , не меняются)	C/П	
6' 7'	Ввести $h_1 = 0,25$ м Определить l при $h_1 = 0,25$ м Перейти к п. 6	0,25 C/П	0,25 8.660254 -01
6'' 7''	Ввести на индикатор $h_1 = 0,5$ м Определить l при $h_1 = 0,5$ м Перейти к п. 6 Результат вычисления: $l_{\max} = 1$ м при $h_1 = 0,5$ м	0,5 C/П	0,5 1.

Программа 12.2.А

алг программа 12.2.А (вещ h_1 , h , l)

арг h_1 , h
рез l

нач

$$l := 2\sqrt{h_1(h - h_1)}$$

кон

ГЛАВА 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

§ 13. Колебательное движение. Математический маятник.
Колебания груза на пружине

1. Дано уравнение гармонического колебания: $x = x_m \sin(2\pi\nu t + \varphi_0)$. Определить фазу, координату, скорость, ускорение точки в момент времени t .

2. По значениям x_m , ν , φ_0 определить фазу, координату, скорость и ускорение точки в момент времени t (см. условие задачи 1).

Математическое описание задач 1, 2

Уравнения гармонического колебания:

$$x = x_m \sin(2\pi\nu t + \varphi_0);$$

$$\varphi = 2\pi\nu t + \varphi_0;$$

$$v = x'(t), v = x_m 2\pi\nu \cos(2\pi\nu t + \varphi_0);$$

$$a = v'(t), a = -x_m 4\pi^2\nu^2 \sin(2\pi\nu t + \varphi_0).$$

Расчетные формулы

$$1, 2. \varphi = \varphi_0 + 2\pi\nu t; x = x_m \sin \varphi;$$

$$v = x_m 2\pi\nu \cos \varphi; a = -x_m 4\pi^2\nu^2 \sin \varphi.$$

Программа 13.1			Инструкция к программе 13.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П 4	44	1	Включить ПМК	
01	ИП 1	61	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	F π	20	3	Ввести программу	
03	2	02			
04	х	12	4	Перейти в режим F АВТ	
05	х	12	5	Занести начальные данные в регистры памяти: Р 1-ν Р 2-φ₀ Р 3-x _m	F АВТ В/0
06	П А	4-			(ν) П 1
07	х	12			(φ₀) П 2
08	ИП 2	62			(x _m) П 3
09	+	10	6	Вычисления производить при левом положении переключателя Р-Г	
10	П В	4L			

Программа 13.1			Инструкция к программе 13.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
11	С/П	50	7	Ввести аргумент t	(t)
12	F sin	1C	8	Вычислить φ	С/П
13	ИП 3	63	9	Вычислить x	С/П
14	х	12	10	Вычислить v	С/П
15	П С	4C	11	Вычислить a	С/П
16	С/П	50		Для нового счета вернуться к п. 5	
17	ИП В	6L			
18	F cos	1Г			
19	ИП А	6-			
20	х	12			
21	ИП 3	63			
22	х	12			
23	С/П	50			
24	ИП А	6-			
25	F x ²	22			
26	/ - /	0L			
27	ИП С	6C			
28	х	12			
29	С/П	50			
30	БП	51			
31		00	00		

Время вычисления φ , x , v – по 3 с, ускорения – 4 с

Контрольная задача к программе 13.1

3. По значениям $x_m = 7,8$ см, $\nu = 1,67$ Гц, $\varphi_0 = -\frac{\pi}{9}$ определить фазу, координату, скорость и ускорение в начальный момент времени.

Решение

$$\varphi = \varphi_0 + 2\pi\nu t, \varphi = -\frac{\pi}{9} + 2\pi \cdot 1,67 \text{ Гц} \cdot 0 \text{ с} = -\frac{\pi}{9} \approx -0,35 \text{ рад};$$

$$x = x_m \sin \varphi, x = 0,078 \text{ м} \cdot \sin\left(-\frac{\pi}{9}\right) \approx -0,027 \text{ м};$$

$$v = x_m 2\pi\nu \cos \varphi, v = 0,078 \text{ м} \cdot 2\pi \cdot 1,67 \text{ Гц} \cdot \cos\left(-\frac{\pi}{9}\right) \approx 0,77 \text{ м/с};$$

$$a = -x_m 4\pi^2\nu^2 \sin \varphi, a = -0,078 \text{ м} \cdot 4\pi^2 \cdot (1,67 \text{ Гц})^2 \cdot \sin\left(-\frac{\pi}{9}\right) \approx 2,9 \text{ м/с}^2.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 13.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 13.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 - $v = 1.67$ Гц Р 2 - $\varphi_0 = -\pi/9$ Р 3 - $x_m = 0.078$ м	1.67 П 1 F π 9 ÷ / - / П 2 0.078 П 3	1.67 -3.4906584 -01 7.8 -02
6	Установить переключатель Р-Г в левое положение		
7	Ввести в регистр индикации РХ величину аргумента $t = 0$	0	0.
8	Вычислить фазу φ	C/П	-3.4906584 -01
9	Вычислить координату x	C/П	-2.6677571 -02
10	Вычислить скорость v	C/П	7.6908926 -01
11	Вычислить ускорение a Результат вычислений: $\varphi = -0.35$ рад; $x = 0.027$ м; $v = 0.769$ м/с; $a = 2.9$ м/с ²	C/П	2.9372363

Программа 13.1.А

алг программа 13.1.А (вещ x_m , v , φ_0 , t , φ , x , v , a)

арг x_m , v , φ_0 , t

рез φ , x , v , a

нач

$$\varphi := \varphi_0 + 2\pi v t$$

$$x := x_m \sin \varphi$$

$$v := x_m 2 \pi v \cos \varphi$$

$$a := -x_m 4 \pi^2 v^2 \sin \varphi$$

кон

4. За какое время t удельное отклонение $\frac{x}{A}$ колеблющейся точки достигнет величины y , если период гармонического колебания равен T , $\varphi_0 = 0$?

Математическое описание задачи 4

Уравнения гармонического колебания:

$$x = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t + \varphi_0 \right);$$

$$\varphi_0 = 0; \frac{x}{A} = \sin \frac{2\pi}{T} t; \frac{x}{A} = y;$$

$$t = \frac{T}{2\pi} \arcsin y.$$

Расчетная формула

$$4. t = \frac{T}{2\pi} \arcsin y.$$

Программа 13.2			Инструкция к программе 13.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	F arcsin	19	1	Включить ПМК	
01	ИП 0	60	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	F π	20	3	Ввести программу	По тексту программы
03	2	02	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	x	12	5	Ввести T в Р 0	B/0 (T) П 0
05	÷	13	6	Ввести y в РХ	(y)
06	x	12	7	Вычислить искомое время t Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
07	C/П	50			
08	БП	51			
09	00	00			

Время вычисления – 4 с

Контрольная задача к программе 13.2

5. За какое время тело, совершающее гармонические колебания, проходит от равновесного положения пути, равный $\frac{3}{4}$ амплитуды колебаний?

Период колебаний $T = 1$ с.

Решение

$$t = \frac{T}{2} \arcsin y, t = \frac{1c}{2} \arcsin \frac{3}{4} \approx 0.13 \text{ с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 13.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 13.2		
5	Ввести $T = 1$ с в Р 0	1 П 0	1.
6	Ввести $y = 3/4$ в РХ	3 ↑ 4 ÷	7.5
7	Вычислить время t Результат вычисления: $t = 0.135$ с	C/П	-01 1.3497326 -01

Программа 13.2.А

алг программа 13.2.А (вещ T , y , t)
арг T , y

рез t

нач

$$t := \frac{T}{2\pi} \arcsin y$$

кон

6. Определить период колебаний T математического маятника, если известны ускорение свободного падения g и его длина l .

7. Определить значение g по известным параметрам T и l (см. условие предыдущей задачи).

8. Определить значение l по известным параметрам T и g (см. условие задачи 6).

9. Определить период колебаний T гармонического осциллятора, если известны жесткость осциллятора k и его масса m .

10. Определить величину жесткости k гармонического осциллятора по известным параметрам T и m .

11. Определить значение массы m гармонического осциллятора по известным параметрам T и k .

Математическое описание задач 6–11

Период колебаний математического маятника равен:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Период колебаний гармонического осциллятора равен:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}.$$

Расчетные формулы

$$6. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}. \quad 7. g = \frac{4\pi^2}{T^2} l. \quad 8. l = \frac{T^2}{4\pi^2} g.$$

$$9. T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}. \quad 10. k = \frac{4\pi^2}{T^2} m. \quad 11. m = \frac{T^2}{4\pi^2} k.$$

Программа 13.3			Инструкция к программе 13.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	B/0 С/П
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1-T P 2-g или k (жесткость осциллятора) P 3-l или m (масса осциллятора) P Д-И	(T) П 1 (g или k) П 2 (l или m) П 3 (И) П Д
06	ИП 3	63			
07	ИП 2	62			
08	ИП 1	61			
09	F x ²	22			
10	x	12			
11	↔	14			
12	÷	13			
13	F π	20			
14	F x ²	22			
15	4	04			
16	x	12			
17	- ÷	13			
18	П 9	49			
19	ИП Д	61			
20	F x=0	5E			
21	26	26			
22	ИП 9	69			
23	F √	21			
24	F 1/x	23			
25	П 9	49			
26	ИП Д	6F			
27	F x < 0	5C			
28	00	00			
29	ИП 9	69			
30	F 1/x	23			
31	П 9	49			
32	БП	51			
33	00	00			
			6	Вычислить исковую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 13.3

12. К спиральной пружине подвесили груз, в результате чего пружина растянулась на $\Delta l = 9$ см. Каков будет период колебаний груза, если его немного отянуть вниз, а затем отпустить?

Решение

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta l}{g}}, \quad T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{0,09 \text{ м}}{9,81 \text{ м/с}^2}} \approx 0,6 \text{ с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 13.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 13.3		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P 3-l = \Delta l = 0.09$ м $P 2-g = 9.81$ м/с ² $P D-I=0$	0.09 П 3 9.81 П 2 0 П Д С/П	9. -02 9.81 0. 6.0181999 -01
6	Вычислить искомую величину T Результат вычисления: $T = 0.6$ с		

Программа 13.3.А

алг программа 13.3.А (вещ l , g , T)

арг l , g
рез T

нач

$$T := 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

кон

13. Найти период колебаний шарика, который перекатывается вниз и вверх по двум наклонным плоскостям (рис. 24). Трение и потерю скорости не учитывать.

Математическое описание задачи 13

Скорость шарика в точке A равна: $v = \sqrt{2gh}$;

$$\begin{aligned} v(t) &= v - at; \\ v_t &= 0. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$v = at.$$

Для правой наклонной плоскости имеем

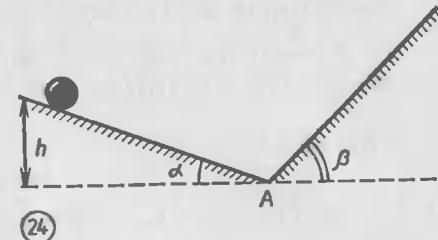
$$a = g \sin \beta; v = gt \sin \beta; t = \frac{v}{g \sin \beta}.$$

Время движения шарика вверх и вниз по правой наклонной плоскости равно:

$$T_1 = \frac{2v}{g \sin \beta}.$$

Аналогично для левой наклонной плоскости время движения шарика равно:

$$T_2 = \frac{2v}{g \sin \alpha}.$$



Следовательно,

$$T = T_1 + T_2 = \frac{2v}{g \sin \beta} + \frac{2v}{g \sin \alpha} = \frac{2v}{g} \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{1}{\sin \alpha} \right),$$

где $v = \sqrt{2gh}$.

Расчетная формула

$$13. T = 2 \sqrt{\frac{2h}{g}} \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{1}{\sin \alpha} \right).$$

Программа 13.4			Инструкция к программе 13.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	F sin	1C	1	Включить ПМК	
01	F 1/x	23	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	F O	25	3	Ввести программу	
03	F sin	1C			
04	F 1/x	23	4	Перейти в режим F АВТ	
05	F O	25	5	Ввести начальные данные h , g , β , α в стековую память ПМК	
06	+	13			
07	2	02			
08	x	12			
09	F Y	21	6	Установить переключатель Р-Г в положение единиц, в которых выражаются углы α и β	
10	2	02		Вычислить период T	
11	x	12	7	Для нового счета вернуться к п. 5	
12	F O	25			
13	+	10			
14	↔	14			
15	F O	25			
16	x	12			
17	C/P	50			
18	B/P	51			
19	00	00			

Время вычисления – 7 с

Вычисления производить при правом положении переключателя Р-Г.

Контрольная задача к программе 13.4

14. Определить период T колебания шарика, движущегося по наклонным плоскостям (см. рис. 24), если $h = 10$ см, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 60^\circ$.

Решение

$$v = \sqrt{2gh}$$

$v_t = v - at$, но $v_t = 0$. Следовательно, $v = at$.

Для правой наклонной плоскости имеем

$$\begin{aligned} a &= g \sin \beta; v = gt \sin \beta; \\ t &= \frac{v}{g \sin \beta}; T_1 = \frac{2v}{g \sin \beta}. \end{aligned}$$

Для левой наклонной плоскости

$$T_2 = \frac{2v}{g \sin \alpha}.$$

Следовательно,

$$T = \frac{2v}{g \sin \beta} + \frac{2v}{g \sin \alpha} = \frac{2v}{g} \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{1}{\sin \alpha} \right).$$

Если $v = \sqrt{2gh}$, то $T = \frac{2\sqrt{2gh}}{g} \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{1}{\sin \alpha} \right)$;

$$T = 2 \sqrt{\frac{2h}{g}} \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{1}{\sin \alpha} \right),$$

$$T = 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 0,1 \text{ м}}{9,81 \text{ м/с}^2}} \cdot \left(\frac{1}{\sin 60^\circ} + \frac{1}{\sin 30^\circ} \right) \approx 0,9 \text{ с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 13.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 13.4 Ввести начальные данные: $h = 0,1 \text{ м}$ $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ $\beta = 60^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	$0,1 \uparrow$ $9,81 \uparrow$ $60 \uparrow$ 30	1. -01 9.81 60. 30.
6	Установить переключатель Р-Г в положение Г		
7	Вычислить период T Результат вычисления: $T = 0,9 \text{ с}$	C/P	9.0088334 -01

Программа 13.4.А

алг программа 13.4.А (вещ h, g, α, β, T)

арг h, g, α, β

рез T

нач

$$T := 2 \sqrt{\frac{2h}{g}} \left(\frac{1}{\sin \beta} + \frac{1}{\sin \alpha} \right)$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 13.1–13.4: Р., № 934, 935, 943, 946, 948, 951–959, 962, 963.

§ 14. Превращение энергии при колебательном движении

1. Тело массой m колеблется с частотой v и амплитудой x_m . Определить полную энергию колебания тела E , кинетическую E_K и потенциальную E_Π в момент времени t от начала колебаний.

Математическое описание задачи 1

$$E_K = \frac{mv^2}{2};$$

$$v(t) = 2\pi v x_m \cos 2\pi v t;$$

$$E_K = 2\pi^2 v^2 x_m^2 m \cos^2 2\pi v t;$$

$$E = E_K \text{ при } v = v(0);$$

$$E = 2\pi^2 v^2 x_m^2 m;$$

$$E_\Pi = E - E_K, E_\Pi = 2\pi^2 v^2 x_m^2 m \sin^2 2\pi v t.$$

Расчетные формулы

$$1. E = 2\pi^2 v^2 x_m^2 m; E_K = E \cos^2 2\pi v t; E_\Pi = E - E_K.$$

Программа 14.1

Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П Д	4Г	1	Включить ПМК	
01	ИП С	6С	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	ИП В	6Л	3	Ввести программу	
03	F π	20			
04	х	12	4	Перейти в режим F АВТ	
05	х	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	F x ²	22		P A - m	(m) П А
07	ИП А	6-		P B - x _m	(x _m) П В
08	2	02		P C - ν	(ν) П С

Продолжение

Программа 14.1			Инструкция к программе 14.1		
№ п/п	Адрес	Команда	Код	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
6	09	x	12	Ввести t в регистр индикации	(t)
7	10	x	12	Вычислить полную энергию колебаний E	C/P
8	11	П 0	40	Вычислить E_k	C/P
9	12	С/П	50	Вычислить E_{Π}	C/P
	13	2	02	Для нового счета вернуться к п. 5	
	14	F π	20		
	15	x	12		
	16	ИП С	6C		
	17	ИП Д	6Г		
	18	x	12		
	19	x	12		
	20	F cos	1Г		
	21	F x ²	22		
	22	x	12		
	23	П Д	4Г		
	24	С/П	50		
	25	ИП 0	60		
	26	ИП Д	6Г		
	27	-	11		
	28	C/P	50		
	29	БП	51		
	30	00	00		

Время вычисления E равно 4 с, $E_k=5$ с, $E_{\Pi}=3$ с
Вычисления производить при левом положении переключателя Р-Г.

Контрольная задача к программе 14.1

2. Определить энергию тела массой $m = 100$ г, которое колеблется с частотой $v = 5$ Гц и амплитудой $x_m = 10$ см; определить кинетическую энергию тела в момент времени $t = \frac{1}{10}$ Т.

Решение

$$E = 2\pi^2 v^2 x_m^2 m, E = 2(\pi \cdot 5 \text{ Гц} \cdot 0,1 \text{ м})^2 \cdot 0,1 \text{ кг} \approx 0,5 \text{ Дж};$$

$$t = \frac{T}{10} = \frac{1}{10v}, t = \frac{1}{10 \cdot 5 \text{ Гц}} = 0,02 \text{ с};$$

$$E_k = E \cos^2 2\pi v t,$$

$$E_k = 0,5 \text{ Дж} \cdot \cos^2 (2\pi \cdot 5 \text{ Гц} \cdot 0,02 \text{ с}) \approx 0,33 \text{ Дж};$$

$$E_{\Pi} = E - E_k, E_{\Pi} = 0,5 \text{ Дж} - 0,33 \text{ Дж} \approx 0,17 \text{ Дж}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 14.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 14.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_A - m = 0,1 \text{ кг}$ $P_B - x_m = 0,1 \text{ м}$ $P_C - v = 5 \text{ Гц}$	0.1 П А 0.1 П В 5 П С	1. -01 1. -01 5.
6	Ввести $t = 0,02$ с	0.02	0.02
7	Вычислить E	C/P	4.934802 -01
8	Вычислить E_k	C/P	3.2298701 -01
9	Вычислить E_{Π} Результат вычислений: $E \approx 0,49 \text{ Дж}$; $E_k \approx 0,32 \text{ Дж}$; $E_{\Pi} \approx 0,17 \text{ Дж}$	C/P	1.7049319 -01

Программа 14.1А

алг программа 14.1А (вещ $m, x_m, v, t, E, E_k, E_{\Pi}$)

арг m, x_m, v, t
рез E, E_k, E_{Π}

нач

$$E := 2\pi^2 v^2 x_m^2 m$$

$$E_k := E \cos^2 2\pi v t$$

$$E_{\Pi} := E - E_k$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 14.1: Р., № 966–970.

§ 15. Механические волны

1. Расстояние между гребнями волн равно λ . При встречном движении катера волна ударяется о корпус катера n_1 раз за время t_1 , а при попутном – n_2 раза за время t_2 . Найти скорость волны v_w и скорость катера v_k .

Математическое описание задачи 1

$$v_1 = v_k + v_w; v_2 = v_k - v_w;$$

$$v = \lambda v, v = \frac{n}{t};$$

$$v_k + v_w = \lambda \frac{n_1}{t_1}; v_k - v_w = \lambda \frac{n_2}{t_2}.$$

Расчетные формулы

$$1. v_k = \frac{\lambda}{2} \left(\frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} \right); v_w = \frac{\lambda}{2} \left(\frac{n_1}{t_1} - \frac{n_2}{t_2} \right).$$

Программа 15.1			Инструкция к программе 15.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		0E	1	Включить ПМК	
01	2	02	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	÷	13	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П0	40			F АВТ В/0
04	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ	
05	÷	13			(λ) С/П
06	↑	0E	5	Ввести λ	
07	С/П	50			(n ₁) ↑ (t ₁) С/П
08	÷	13	6	Ввести n ₁ и t ₁	
09	↑	0E			(n ₂) ↑ (t ₂) С/П
10	F ○	25	7	Ввести n ₂ и t ₂	
11	-	11			С/П
12	ИП0	60	8	Вычислить v _в	
13	x	12			С/П
14	С/П	50	9	Вычислить v _к	
15	F ○	25			Для нового счета вернуться к п. 5
16	+	10			
17	ИП0	60			
18	x	12			
19	С/П	50			
20	БП	51			
21	00	00			

Время вычисления – 4 с

Контрольная задача к программе 15.1

2. В море расстояние между гребнями волн 4 м. При встречном (по отношению к ним) движении катера волна за 1 с ударяется о корпус катера 4 раза, а при попутном движении за 1 с волна ударяется о корпус 2 раза. Найти скорости волны и катера.

Решение

$$v = \lambda v;$$

$$v_в + v_к = \lambda \frac{n_1}{t_1}; \quad v_в - v_к = \lambda \frac{n_2}{t_2}.$$

Следовательно,

$$v_в = \frac{\lambda}{2} \left(\frac{n_1}{t_1} - \frac{n_2}{t_2} \right);$$

$$v_к = \frac{\lambda}{2} \left(\frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} \right);$$

$$v_в = \frac{4}{2} \left(\frac{4}{1} - \frac{4}{2} \right) = 4 \text{ м/с};$$

$$v_к = \frac{4}{2} \left(\frac{4}{1} + \frac{4}{2} \right) = 12 \text{ м/с}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 15.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 15.1		
5	Ввести λ = 4 м	4 С/П	2.
6	Ввести n ₁ = 4 и t ₁ = 1 с	4 ↑ 1 С/П	4.
7	Ввести n ₂ = 2 и t ₂ = 1 с	2 ↑ 1	1.
8	Вычислить v _в	С/П	4.
9	Вычислить v _к	С/П	12.
	Результат вычислений: v _в = 4 м/с; v _к = 12 м/с		

Программа 15.1.А

алг программа 15.1.А (вещ λ, n₁, n₂, t₁, t₂, v_в, v_к, v_в)

арг λ, n₁, n₂, t₁, t₂

рез v_в, v_к

нач

$$v_в := \frac{\lambda}{2} \left(\frac{n_1}{t_1} - \frac{n_2}{t_2} \right)$$

$$v_к := \frac{\lambda}{2} \left(\frac{n_1}{t_1} + \frac{n_2}{t_2} \right)$$

кон

3. Волна с периодом колебаний T и амплитудой колебаний x_m распространяется в упругой среде со скоростью v₁. Определить фазу, смещение, скорость и ускорение точки, отстоящей на расстоянии r от источника волн в момент времени t.

Математическое описание задачи 3

$$\varphi = \omega \left(t - \frac{r}{v_1} \right);$$

$$x = x_m \sin \varphi;$$

$$v = x'(t), \quad v = x_m \omega \cos \varphi;$$

$$a = v'(t), \quad a = -x_m \omega^2 \sin \varphi.$$

Расчетные формулы

$$3. \quad \varphi = \omega \left(t - \frac{r}{v_1} \right); \quad x = x_m \sin \varphi;$$

$$v = x_m \omega \cos \varphi; \quad a = -x_m \omega^2 \sin \varphi.$$

Программа 15.2			Инструкция к программе 15.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 2	62	1	Включить ПМК	
01	ИП 3	63	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	÷	13	3	Ввести программу	По тексту программы
03	-	11			F АВТ B/O
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
05	x	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 - x P 1 - ω P 2 - r P 3 - v ₁	(x) П 0 (ω) П 1 (r) П 2 (v ₁) П 3
06	С/П	50			
07	F cos	1Г			
08	F Bx	0			
09	F sin	1С			
10	ИП 0	60	6	Переключатель Р-Г переместить в крайнее левое положение	
11	x	12	7	Ввести аргумент t	(t)
12	П 4	44	8	Вычислить φ	С/П
13	С/П	50	9	Вычислить x	С/П
14	↔	14	10	Вычислить v	С/П
15	ИП 0	60	11	Вычислить a	С/П
16	x	12			
17	ИП 1	61		Для нового счета вернуться к п. 5	
18	x	12			
19	С/П	50			
20	ИП 1	61			
21	F x ²	22			
22	ИП 4	64			
23	/ -	0Л			
24	x	12			
25	С/П	50			
26	БП	51			
27	00	00			

Время вычисления φ, v и a — по 3 с, x — 4 с

Контрольная задача к программе 15.2

4. Волна с периодом колебаний $T = 1,2$ с и амплитудой колебаний $x_m = 2$ см распространяется в упругой среде со скоростью $v_1 = 15$ м/с. Вычислить фазу, смещение, скорость и ускорение точки, находящейся на расстоянии $r = 45$ м от источника волн в момент времени $t = 10$ с.

Решение

$$\omega = 2\pi/T, \omega = 2\pi/1,2 \text{ с} \approx 5,2 \text{ рад/с};$$

$$\varphi = \omega \left(t - \frac{r}{v_1} \right), \varphi = 5,2 \text{ рад/с} \cdot \left(10 \text{ с} - \frac{45 \text{ м}}{15 \text{ м/с}} \right) \approx 36,65 \text{ рад};$$

$$x = x_m \sin \varphi, x = 0,02 \text{ м} \cdot \sin 36,65 \text{ рад} \approx -0,016 \text{ м};$$

$$v = x_m \omega \cos \varphi, v = 0,02 \text{ м} \cdot 5,2 \text{ рад/с} \cdot \cos 36,65 \text{ рад} \approx 0,053 \text{ м/с};$$

$$a = -x \omega^2, a = 0,016 \text{ м} \cdot (5,2 \text{ рад/с})^2 \approx 0,47 \text{ м/с}^2.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 15.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4	См. инструкцию к программе 15.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 — $x_m = 0,02$ м P 1 — $\omega = 2\pi/T = 2\pi/1,2$ рад/с	0,02 П 0 2 Фл x 1,2 ÷ П 1	2. —02 5.2359876
	P 2 — $r = 45$ м	45 П 2	45.
	P 3 — $v_1 = 15$ м/с	15 П 3	15.
6	Установить переключатель Р-Г в левое положение		
7	Ввести в регистр индикации РХ значение аргумента $t = 10$ с	10	10.
8	Вычислить φ	С/П	36.651913
9	Вычислить x	С/П	-1.7320515 —02
10	Вычислить v	С/П	5.2359815 —02
11	Вычислить a	С/П	4.7485172 —01
	Результат вычислений: $\varphi = 36,65$ рад; $x = -0,017$ м; $v = 0,052$ м/с; $a = 0,479$ м/с ²		

Программа 15.2.А

алг программа 15.2.А (вещ x_m , ω , r , v_1 , t , φ , x , v , a)

арг x_m , ω , r , v_1 , t

рез φ , x , v , a

нач

$$\varphi := \omega \left(t - \frac{r}{v_1} \right)$$

$$x := x_m \sin \varphi$$

$$v := x_m \omega \cos \varphi$$

$$a := x \omega^2$$

кон

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

ГЛАВА 5. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ

§ 16. Основные положения молекулярно-кинетической теории и их опытное обоснование. Масса и размеры молекул

1. Определить число N молекул тела массой m , состоящего из вещества, у которого молярная масса равна M . Постоянная Авогадро $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.

2. Определить массу тела m , состоящего из вещества, имеющего молярную массу M , если оно содержит N молекул.

3. Определить число N молекул тела объемом V , состоящего из вещества молярной массой M . Плотность вещества ρ .

4. Определить объем V тела, состоящего из вещества плотностью ρ и молярной массой M , если оно содержит N молекул.

Математическое описание задач 1–4

$$N = v N_A; \quad v = \frac{m}{M};$$

$$N = \frac{m}{M} N_A; \quad m = \rho V;$$

$$N = \frac{\rho V}{M} N_A.$$

Расчетные формулы

$$1. N = \frac{m}{M} N_A. \quad 2. m = \frac{N}{N_A} M.$$

$$3. N = \frac{\rho V}{M} N_A. \quad 4. V = \frac{NM}{N_A \rho}.$$

Программа 16.1			Инструкция к программе 16.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 1	41	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 2	42			F АВТ
04	П 3	43	4	Перейти в режим F АВТ	B/0 С/П
05	ИП 9	69	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	С/П	50		P 0 – m	(m) П 0
07	ИП 0	60		P 1 – ρ	(ρ) П 1
08	ИП 1	61		P 2 – V	(V) П 2
09	ИП 2	62		P 3 – M	(M) П 3
10	ИП 3	63		P 4 – N	(N) П 4
11	÷	13		P Д – И	(И) П Д
12	x	12		И=0 для задач 1, 3	
13	x	12		И=1 для задач 2, 4	
14	6	06	6	Вычислить искомую величину	C/П
15	.	0-		Для нового счета вернуться	
16	0	00		к п. 5	
17	2	02			
18	2	02			
19	ВП	0C			
20	2	02			

Программа 16.1			Инструкция к программе 16.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
21	3	03			
22	x	12			
23	ИП 4	64			
24	÷	13			
25	П 9	49			
26	ИП Д	6Г			
27	F x ≠ 0	57			
28	00	00			
29	ИП 9	69			
30	F 1/X	23			
31	П 9	49			
32	БП	51			
33	00	00			

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 16.1

5. Найти отношение объемов, занимаемых равным количеством вещества ртути и воды ($\rho_p = 13\,600 \text{ кг}/\text{м}^3$, $M_p = 0,200 \text{ кг}/\text{моль}$; $\rho_B = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, $M_B = 0,018 \text{ кг}/\text{моль}$).

Решение

$$V_p = \frac{N_p M_p}{N_A \rho_p}; \quad V_B = \frac{N M_B}{N_A \rho_B};$$

$$\frac{V_p}{V_B} = \frac{M_p \rho_B}{M_B \rho_p}, \quad \frac{V_p}{V_B} = \frac{0,200 \text{ кг}/\text{моль} \cdot 1000 \text{ кг}/\text{м}^3}{0,018 \text{ кг}/\text{моль} \cdot 13\,600 \text{ кг}/\text{м}^3} \approx 0,8.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 16.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 16.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – $\rho_p = 13\,600 \text{ кг}/\text{м}^3$ P 3 – $M_p = 0,2 \text{ кг}/\text{моль}$ P 4 – $N = 1$ (так как важно отношение, то достаточно $N_p = N_B \neq 0$) P Д – И = 1	13600 П 1 0.2 П 3 1 П 4 П Д	13600. 2. –01 1. 1.
6	Вычислить V_p	C/П	2.4420262 – 29
7	Перейти к п. 5, предварительно занеся результат счета в Р 5	П 5	2.4420262 – 29

Продолжение			
№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 - $Q_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ Р 3 - $M_B = 0.018 \text{ кг/моль}$	1000 П 1 0.018 П 3 С/П	1000. 1.8 -02 2.9890402 -29
6	Вычислить V_B		
7	Рассчитать $\frac{V_p}{V_B}$	ИП 5 ↔ ÷	8.1699342 -01
	Результат вычисления: $\frac{V_p}{V_B} \approx 0.82$		

Программа 16.1.А

алг программа 16.1.А (вещ N, M, ρ, V)

арг N, M, ρ

рез V

нач вещ N_A

$$N_A := 6,022 \cdot 10^{23}$$

$$V := \frac{NM}{N_A \rho}$$

кон

6. В среде массой m_c растворено вещество массой m_1 . Сколько молекул растворенного вещества находится в той же среде массой m ? Считать, что вещество растворилось равномерно. Молярная масса среды M_c .

Математическое описание задачи 6

$$N_1 = \frac{m_1}{M_1} N_A;$$

$$k = \frac{N_1}{V} V_0 \quad (\text{считаем } m_1 \ll m_c),$$

$$k = \frac{N_1}{m_c} m,$$

$$k = \frac{mm_1 N_A}{m_c M_c}.$$

Расчетная формула

$$6. k = \frac{mm_1}{m_c M_c} N_A.$$

90

Программа 16.2			Инструкция к программе 16.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	ИП 1	61	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 2	62	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП 3	63			F АВТ
04	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
05	÷	13	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 - m Р 1 - m_1 Р 2 - m_c Р 3 - M_c Р 4 - N_A	(m) П 0 (m ₁) П 1 (m _c) П 2 (M _c) П 3 (N _A) П 4
06	x	12		Вычислить k	C/П
07	ИП 4	64		Для нового счета вернуться к п. 5	
08	x	12			
09	С/П	50			
10	БП	51			
11	00	00	6		

Время вычисления - 4 с

Контрольная задача к программе 16.2

7. Используя число Авогадро, подсчитать число молекул, попадающих в наши легкие, из тех, которые участвовали в одном из наших предыдущих вдохов, если считать, что они равномерно распределены в атмосфере Земли. (Объем легких равен 2 л)

Решение

$$k = n \frac{m}{m_c},$$

где m — масса воздуха, входящая в легкие при вдохе; m_c — масса земной атмосферы;

$$m = \rho V;$$

$$n = \frac{m}{M} \cdot N_A; m_c = 10^4 \text{ кг/м}^3 \cdot 4\pi (64 \cdot 10^5 \text{ м})^2 = 5 \cdot 10^{18} \text{ кг};$$

$$k = \frac{m^2 N_A}{m_c M}, k = \frac{(2,6 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{5 \cdot 10^{18} \cdot 0,029} \approx 28.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 16.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4 5	См. инструкцию к программе 16.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - m = (0.002 \cdot 1.3) \text{ кг}$ $P_1 - m_1 = m = 2.6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$ $P_2 - m_c = 4\pi \cdot 10^4 \cdot (64 \cdot 10^5)^2 \text{ кг}$	0.002 ↑ 1.3 x П 0 П 1 4 Fπ x ВП 4 ↑ 64 ВП5 F x ² к П 2 0.029 П 3 6.022 ВП 23 П 4 С/П	2.6 -03 2.6 -03 5.1471851 18 2.9 -02 6.022 23 27.272166
6	Вычислить k Результат вычисления: $k = 27$		

Программа 16.2.А

алг программа 16.2.А (вещ m, m_1, m_c, M_c, N_A, k)

арг m, m_1, m_c, M_c, N_A
рез k

нач

$$k := \frac{mm_1}{m_c M_c} N_A$$

кон

8. Определить массу m_0 одной молекулы вещества, молярная масса которого M . Постоянная Авогадро $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

9. Определить массу m_0 одной молекулы вещества, у которого количество вещества, равное v молей, имеет массу m .

Математическое описание задач 8, 9

$$m_0 = \frac{m}{N}; N = vN_A;$$

$$m_0 = \frac{m}{vN_A}.$$

Расчетные формулы

$$8. m_0 = \frac{M}{N_A}. \quad 9. m_0 = \frac{m}{vN_A}.$$

Программа 16.3			Инструкция к программе 16.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 9	69	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50			F АВТ B/0 С/П
04	ИП 0	60	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 1	61	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - M$ (для задачи 8) $P_0 - m$ (для задачи 9) $P_1 - v$	(M) П 0 (m) П 0 (v) П 1 С/П
06	÷	13			
07	6	06			
08	-	0-			
09	0	00	6	Вычислить m_0 Для нового счета вернуться к п. 5	
10	2	02			
11	2	02			
12	ВП	00			
13	2	02			
14	3	03			
15	÷	13			
16	П 9	49			
17	БП	51			
18	00	00			

Время вычисления — 4 с

Контрольная задача к программе 16.3

10. Определить массу молекулы воды.

Решение

$$m_0 = \frac{M}{N_A}, \quad m_0 = \frac{0,18 \text{ кг/моль}}{6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} = 3 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 16.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4 5	См. инструкцию к программе 16.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - M = 0.018 \text{ кг/моль}$ (так как решается задача типа 8)		
6	Вычислить m_0 Результат вычисления: $m_0 \approx 2.99 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$	0.018 П 0 С/П	1.8 -02 2.9890401 -26

Программа 16.3.А

алг программа 16.3.А (вещ M , m_0)

арг M

рез m_0

нач вещ N_A

$$N_A := 6,022 \cdot 10^{23}$$

$$m_0 := M/N_A$$

кон

11. Определить величину среднего расстояния d_0 между молекулами, если известны плотность ρ и молярная масса M вещества. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$.

Математическое описание задачи 11

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{V}{N}};$$

$$N = \frac{\rho V}{M} N_A;$$

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{V}{N_A \rho}}.$$

Расчетная формула

$$11. d_0 = \sqrt[3]{\frac{M}{N_A \rho}}.$$

Программа 16.4			Инструкция к программе 16.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	ИП 1	61	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	÷	13	3	Ввести программу	
03	6	06			
04	ВП	0C	4	Перейти в режим F АВТ	
05	2	02	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-M P 1-ρ	
06	3	03		Вычислить d_0	(M) П 0
07	÷	13	6	Для нового счета вернуться к п. 5	(ρ) П 1 С/П
08	3	03			
09	F 1/x	23			
10	↔	14			
11	F x ^y	24			
12	С/П	50			
13	БП	51			
14	00	00			

Время вычисления — 5 с

Контрольная задача к программе 16.4

12. Определить среднее расстояние между молекулами воздуха при нормальных условиях.

Решение

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{M}{N_A \rho}}, \quad d_0 = \sqrt[3]{\frac{0,029 \text{ кг/моль}}{6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1,3 \text{ кг/м}^3}} \approx 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 16.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 16.4		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-M = 0.029 кг/моль P 1-ρ = 1.3 кг/м ³	0.029 П 0 1.3 П 1 С/П	2.9 -02 1.3 3.3376029 -09
6	Вычислить d_0 Результат вычисления: $d_0 \approx 3.34 \cdot 10^{-9}$ м		

Программа 16.4.А

алг программа 16.4.А (вещ M , ρ , d_0)

арг M , ρ

рез d_0

нач вещ N_A

$$N_A := 6 \cdot 10^{23}$$

$$d_0 := \sqrt[3]{M/N_A \rho}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 16.1–16.4: Р., № 437–446, 449.

§ 17. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа. Скорость молекул газа

1. Определить давление p идеального газа, если концентрация его молекул n , среднеквадратическая скорость \bar{v} , а масса одной молекулы m_0 .

2. Определить среднеквадратическую скорость \bar{v} молекул идеального газа, если концентрация молекул равна n , масса одной молекулы m_0 , давление идеального газа p .

3. Определить давление p идеального газа плотностью ρ , если среднеквадратическая скорость его молекул равна \bar{v} .

4. Определить среднеквадратическую скорость \bar{v} молекул идеального газа, давление которого p , а плотность ρ .

Математическое описание задач 1–4

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2.$$

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\rho}{M} N_A; \quad m_0 = \frac{M}{N_A}.$$

Расчетные формулы

$$1. p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2. \quad 2. \bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{m_0 n}}. \quad 3. p = \frac{1}{3} \rho \bar{v}^2. \quad 4. \bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}.$$

Программа 17.1			Инструкция к программе 17.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – m ₀ P 2 – n P 3 – ρ P 4 – v P 5 – p P Д – И	B/0 С/П (m ₀) П 1 (n) П 2 (ρ) П 0 (v) П 4 (p) П 5 (И) П Д
06	ИП 9	69		I=0 для задач 1, 3	
07	С/П	50		I=1 для задач 2, 4	
08	ИП 1	61			
09	ИП 2	62			
10	ИП 3	63			
11	ИП 4	64			
12	F x ²	22			
13	x	12	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
14	x	12			
15	x	12			
16	ИП 5	65			
17	3	03			
18	x	12			
19	÷	13			
20	П 9	49			
21	ИП Д	6Г			
22	F x ≠ 0	57			
23	00	00			
24	ИП 9	69			
25	F 1/x	23			
26	F √	21			
27	П 9	49			
28	БП	51			
29	00	00			

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 17.1

5. Определить среднеквадратическую скорость молекул воздуха при нормальных условиях, считая воздух идеальным газом.

Решение

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}, \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \text{ Па}}{1,3 \text{ кг/м}^3}} \approx 480 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 17.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 17.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 3 – ρ = 1,3 кг/м ³ P 5 – p = 10 ⁵ Па P Д – И = 1	Сх ВП 5 П 5 1 П Д	1.3 10000. 1.
6	Вычислить искомую среднеквадратическую скорость \bar{v} Результат вычисления: $\bar{v} \approx 480$ м/с	C/П	480.38446

Программа 17.1.А

алг программа 17.1.А (вещ Q, p, v)

арг Q, p

рез v

нач

$$v := \sqrt{3p/\rho}$$

кон

6. Определить давление p идеального газа, если концентрация его молекул n , а средняя кинетическая энергия \bar{E} .

7. Определить среднюю кинетическую энергию \bar{E} молекул идеального газа, если их концентрация n ; давление газа p .

8. Определить концентрацию n молекул идеального газа, если их средняя кинетическая энергия \bar{E} ; давление газа p .

Математическое описание задач 6–8

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2.$$

$$\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2};$$

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}.$$

Расчетные формулы

$$6. p = \frac{2}{3} n \bar{E}. \quad 7. \bar{E} = \frac{3p}{2n}. \quad 8. n = \frac{3p}{2\bar{E}}.$$

Программа 17.2			Инструкция к программе 17.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	ИП 9	69	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	B/0 С/П
05	С/П	50		P 1 - p	(p) П 1
06	ИП 1	61		P 2 - E	(E) П 2
07	ИП 2	62		P 3 - n	(n) П 3
08	ИП 3	63		R Д - И	(И) П Д
09	x	12		I=0 для задачи 6	
10	÷	13		I=1 для задач 7, 8	
11	3	03	6	Вычислить искомую величину	C/П
12	↑	0E		Для нового счета вернуться к п. 5	
13	2	02			
14	÷	13			
15	x	12			
16	П 9	49			
17	ИП Д	6F			
18	F x=0	5E			
19	00	00			
20	ИП 9	69			
21	F 1/x	23			
22	П 9	49			
23	БП	51			
24	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 17.2

9. Найти концентрацию молекул идеального газа, если их средняя кинетическая энергия $1,2 \cdot 10^{-20}$ Дж; давление газа $3 \cdot 10^5$ Па.

Решение

$$n = \frac{3p}{2\bar{E}}, \quad n = \frac{3 \cdot 3 \cdot 10^5 \text{ Па}}{2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-20} \text{ Дж}} \approx 3,8 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 17.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 17.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – p = $3 \cdot 10^5$ Па P 2 – E = $1,2 \cdot 10^{-20}$ Дж	3 ВП 5 П 1 1.2 ВП /– 20 П 2 1 П Д С/П	300000. 1.2 –20 1. 3.75 25
6	P Д – И = 1 Вычислить n Результат вычисления: $n = 3,75 \cdot 10^{25}$ м		

Программа 17.2.А

алг программа 17.2.А (вещ p, \bar{E} , n)

арг p, \bar{E}

рез n

нач

$$n := \frac{3p}{2\bar{E}}$$

кон

10. Определить давление p идеального газа при температуре T . Концентрация молекул идеального газа n . Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

11. Определить температуру T идеального газа, если его давление p , концентрация молекул n .

12. Определить концентрацию молекул идеального газа n , если давление газа p , температура T .

Математическое описание задач 10–12

$$p = nkT.$$

Расчетные формулы

$$10. p = nkT. \quad 11. T = \frac{p}{nk}. \quad 12. n = \frac{p}{kT}.$$

Программа 17.3			Инструкция к программе 17.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ В/0 С/П
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	1	01		P 1 – T	(T) П 1
07	+	0-		P 2 – n	(n) П 2
08	3	03		P 3 – p	(p) П 3
09	8	08		P Д – И	(И) П Д
10	ВП	0C		И=0 для задачи 10	
11	/–	0L		И=1 для задач 11, 12	
12	2	02	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
13	3	03			
14	ИП 1	61			
15	ИП 2	62			
16	ИП 3	63			
17	÷	13			
18	x	12			
19	x	12			
20	П 9	49			
21	ИП Д	6Г			
22	F x ≠ 0	57			
23	00	00			
24	ИП 9	69			
25	F 1/x	23			
26	П 9	49			
27	БП	50			
28	00	00			

Время вычисления—6 с

Контрольная задача к программе 17.3

13. Определить концентрацию молекул воздуха, если давление p равно 10^5 Па, а температура 290 К. Воздух считать идеальным газом.

Решение

$$n = \frac{p}{kT}, \quad n = \frac{10^5 \text{ Па}}{1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 290 \text{ К}} \approx 2,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 17.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 17.3		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P 1 - T = 290 \text{ К}$ $P 3 - p = 10^5 \text{ Па}$ $P Д - И = 1$	290 П 1 Сх ВП 5 П 3 1 П Д С/П	290. 100000. 1. 2.4987506 25
6	Вычислить искомую величину n Результат вычисления: $n \approx 2,5 \cdot 10^{25} \text{ м}^{-3}$		

Программа 17.3.А

алг программа 17.3.А (ввш T, p, n)

арг T, p

рез n

нач ввш k

$$k := 1,38 \cdot 10^{-23}$$

$$n := \frac{p}{kT}$$

кон

14. Определить, при какой температуре T средняя кинетическая энергия молекул идеального газа имеет величину \bar{E} . Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

15. Определить среднюю кинетическую энергию \bar{E} молекул идеального газа при температуре T .

Математическое описание задач 14, 15

$$p = nkT,$$

$$p = \frac{2}{3} n\bar{E};$$

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT.$$

Расчетные формулы

$$14. T = \frac{2\bar{E}}{3k}. \quad 15. \bar{E} = \frac{3}{2} kT.$$

Программа 17.4			Инструкция к программе 17.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/O С/П
04	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
05	ИП 1	61		P 1 - \bar{E} (ограничение: $\bar{E} \neq 1$)	(\bar{E}) П 1
06	ИП 2	62		P 2 - T	(T) П 2
07	2	02	6	Вычислить искомую величину	С/П
08	.	0-		Для нового счета вернуться к п. 5	
09	0	00			
10	7	07			
11	ВП	0C			
12	/-	0L			
13	2	02			
14	3	03			
15	x	12			
16	÷	13			
17	П 9	49			
18	ИП 1	61			
19	1	01			
20	-	11			
21	F x=0	5E			
22	00	00			
23	ИП 9	69			
24	F 1/x	23			
25	П 9	49			
26	БП	51			
27	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 17.4

16. Определить среднюю кинетическую энергию молекул воздуха при $T = 290$ К. Воздух считать идеальным газом. Постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Решение

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT, \quad \bar{E} = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 290 \text{ К} \approx 6 \cdot 10^{-21} \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 17.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 17.4		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P 2 - T = 290$ К	290 П 2 С/П	290. 6.0030001–21
6	Вычислить \bar{E} Результат вычисления: $\bar{E} \approx 6 \cdot 10^{-21}$ Дж		

Программа 17.4.А

алг программа 17.4.А (вещ T, \bar{E})

арг T

рез \bar{E}

нач вещ с

$$c := 2.07 \cdot 10^{-23}$$

$$\bar{E} := cT$$

кон

17. Определить среднеквадратическую скорость \bar{v} движения молекул идеального газа, если известны температура газа T , масса молекулы m_0 , постоянная Больцмана k .

18. Определить среднеквадратическую скорость \bar{v} движения молекул идеального газа, если известны температура газа T , молярная масса M , постоянная Больцмана k и постоянная Авогадро N_A .

19. Определить среднеквадратическую скорость \bar{v} движения молекул идеального газа, если известны температура газа T , молярная масса M , универсальная газовая постоянная R .

Математическое описание задач 17–19

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT;$$

$$\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2};$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A};$$

$$R = kN_A.$$

Расчетные формулы

$$17. \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}. \quad 18. \bar{v} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}}. \quad 19. \bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

Программа 17.5			Инструкция к программе 17.5		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 9	69	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50			F ABT B/0 С/П
04	ИП 0	60	4	Перейти в режим F ABT	
05	ИП 1	61	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-T P 1-N _A P 2-k (или R) P 3-m ₀ (или M)	(T) П 0 (N _A) П 1 (k или R) П 2 (m ₀ или M) П 3
06	ИП 2	62		Вычислить \bar{v}	C/П
07	ИП 3	63		Для нового счета вернуться к п. 5	
08	÷	13			
09	x	12			
10	x	12	6		
11	3	03			
12	x	12			
13	F $\sqrt{\cdot}$	21			
14	П 9	49			
15	БП	51			
16	00	00			

Время вычисления—4 с

Контрольная задача к программе 17.5

20. Определить среднеквадратическую скорость молекул воздуха при $T = 290$ К.

Решение

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}, \bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 290 \text{ К}}{0,029 \text{ кг/моль}}} \approx 500 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 17.5

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 17.5		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-T = 290 К P 2-R = 8,31 Дж/(моль · К) P 3-M = 0,029 кг/моль	290 П 0 8,31 П 2 0,029 П 3 C/П	290. 8,31 2,9 -02 499.29949
6	Вычислить \bar{v} Результат вычисления: $\bar{v} \approx 499$ м/с		

Программа 17.5.А

алг программа 17.5.А (вещ T, R, M, \bar{v})

арг T, R, M

рез \bar{v}

нач

$$\bar{v} := \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

кон

21. Определить среднеквадратическую скорость молекул из опыта Штерна по известным параметрам: R — радиус внешнего цилиндра, r — радиус внутреннего цилиндра, s — смещение полос, v — частота вращения цилиндров.

Математическое описание задачи 21

$$s = \varphi R = 2\pi v t R,$$

$$\bar{v} = \frac{R-r}{t},$$

$$\bar{v} = \frac{2\pi v R (R-r)}{s}.$$

Расчетная формула

$$21. \bar{v} = \frac{2\pi v R (R-r)}{s}.$$

Программа 17.6			Инструкция к программе 17.6		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	2	02	1	Включить ПМК	
01	Фл	20	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 0	60	3	Ввести программу	По тексту программы
03	x	12			
04	x	12			
05	ИП 1	61	4	Перейти в режим F ABT	
06	ИП 2	62	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-v P 1-R P 2-r P 3-s	F ABT B/0
07	-	11			
08	ИП 1	61			
09	x	12			
10	x	12			
11	ИП 3	63	6	Вычислить \bar{v} Для нового счета вернуться к п. 5	(v) П 0 (R) П 1 (r) П 2 (s) П 3 C/П
12	÷	13			
13	С/П	50			
14	БП	51			
15	00	00			

Время вычисления—5 с

Контрольная задача к программе 17.6

22. Какова скорость движения атомов серебра в опыте Штерна, если частота вращения $v = 20$ Гц, радиусы цилиндров 8 см и 2 см, расстояние между полосками 1 мм?

Решение

$$\bar{v} = \frac{2\pi v R (R - r)}{s},$$

$$\bar{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 20 \text{ Гц} \cdot 0,08 \text{ м} \cdot (0,08 \text{ м} - 0,02 \text{ м})}{0,001 \text{ м}} \approx 610 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 17.6

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 17.6 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 – $v = 20$ Гц P 1 – $R = 0.08$ м P 2 – $r = 0.02$ м P 3 – $s = 0.001$ м	20 П 0 0.08 П 1 0.02 П 2 Сх ВП /-/ 3	20. 8. –02 2. –02 1. –03 603.18576
6	Вычислить \bar{v} Результат вычисления: $\bar{v} \approx 603$ м/с	П 3 С/П	

Программа 17.6.А

алг программа 17.6.А (вещ v , R , r , s , \bar{v})

арг v , R , r , s
рез \bar{v}

нач

$$\bar{v} := \frac{2\pi v R (R - r)}{s}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 17.1–17.6: Р., № 456–459, 461–476.

§ 18. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Изопроцессы в газах

1. Определить давление идеального газа p по известным параметрам: V – объем газа, m – масса газа, T – температура, M – молярная масса газа и R – универсальная газовая постоянная.

2. Определить объем идеального газа V по известным параметрам p , m , T , M , R , обозначения которых описаны в задаче 1.

3. Определить M по известным параметрам V , p , m , T , R (см. условие задачи 1).

4. Определить m по известным параметрам V , p , M , T , R (см. условие задачи 1).

5. Определить T по известным параметрам V , p , m , M , R (см. условие задачи 1).

Математическое описание задач 1–5

$$pV = \frac{m}{M} RT.$$

Расчетные формулы

$$1. p = \frac{mRT}{MV}. \quad 2. V = \frac{mRT}{pM}. \quad 3. M = \frac{mRT}{pV}. \quad 4. m = \frac{MpV}{RT}. \quad 5. T = \frac{MpV}{Rm}.$$

Программа 18.1			Инструкция к программе 18.1		
№ п/п	Адресс	Команда	Код	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		1	01	Включить ПМК	
01	П 1		41	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2		42	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3		43		F АВТ
04	П 4		44	Перейти в режим F АВТ	B/0 С/П
05	П 5		45	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – p P 2 – V P 3 – M P 4 – m P 5 – T P 6 – R P Д – И	(p) П 1 (V) П 2 (M) П 3 (m) П 4 (T) П 5 (R) П 6 (И) П Д
06	ИП 9		69		
07	С/П		50		
08	ИП 6		66		
09	ИП 5		65		
10	ИП 4		64		
11	х		12		
12	х		12		
13	ИП 3		63	I=0 для задач 1–3	
14	ИП 2		62	I=1 для задач 4, 5	
15	ИП 1		61	Вычислить искомую величину	C/П
16	х		12	Для нового счета вернуться	
17	х		12	к п.5	
18	÷		13		
19	П 9		49		
20	ИП Д		69		
21	F x ≠ 0		57		
22	00		00		
23	ИП 9		69		
24	F 1/x		23		
25	П 9		49		
26	БП		51		
27	00		00		

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 18.1

6. Определить плотность воздуха при нормальных условиях.

Решение

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad \rho = \frac{pM}{RT},$$

$$\rho = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,029 \text{ кг/моль}}{8,31 \text{ Дж/(К·моль)} \cdot 290 \text{ К}} \approx 1,2 \text{ кг/м}^3.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 18.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 18.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1— $p = 10^5$ Па Р 2— $V = 1$ м Р 3— $M = 0,029$ кг/моль Р 5— $T = 290$ К Р 6— $R = 8,31$ Дж/(К·моль) Р Д—И=1 Результат вычисления: $\rho = 1,203,3694$	Сх ВП 5 П 1 1 П 2 0,029 П 3 290 П 5 8,31 П 6 1 П Д С/П	100000. 1. 2,9 -02 290. 8,31 1. 1.2033694

Программа 18.1.А

алг программа 18.1.А (веп M, p, V, R, T, m)

арг M, p, V, R, T

рез m

нач

$$m := \frac{MpV}{RT}$$

кон

Некоторое количество газа переходит из состояния 1 в состояние 2. При этом изменяются объем V , температура T и давление p . Определить значения величин по известным данным:

7. Давление p_1 по известным p_2, V_1, T_1, V_2, T_2 .
8. Давление p_2 по известным p_1, V_1, T_1, V_2, T_2 .
9. Объем V_1 по известным V_2, p_1, T_1, p_2, T_2 .
10. Объем V_2 по известным V_1, p_1, T_1, p_2, T_2 .
11. Температуру T_1 по известным T_2, V_1, p_1, V_2, p_2 .
12. Температуру T_2 по известным T_1, V_1, p_1, V_2, p_2 .

Некоторое количество газа изотермически переходит из состояния 1 в состояние 2. При этом изменяются его объем V и давление p . Определить значения величин по известным данным:

13. Давление p_1 по известным p_2, V_1, V_2 .
14. Давление p_2 по известным p_1, V_1, V_2 .
15. Объем V_1 по известным V_2, p_1, p_2 .
16. Объем V_2 по известным V_1, p_1, p_2 .

Некоторое количество газа изохорически переходит из состояния 1 в состояние 2. При этом изменяются давление p и температура T газа. Определить значения величин по известным данным:

17. Давление p_1 по известным p_2, T_1, T_2 .
18. Давление p_2 по известным p_1, T_1, T_2 .
19. Температуру T_1 по известным T_2, p_1, p_2 .
20. Температуру T_2 по известным T_1, p_1, p_2 .

Некоторое количество газа изобарически переходит из состояния 1 в состояние 2. При этом изменяются объем V и температура T газа. Определить значения величин по известным данным:

21. Объем V_1 по известным V_2, T_1, T_2 .
22. Объем V_2 по известным V_1, T_1, T_2 .
23. Температуру T_1 по известным T_2, V_1, V_2 .
24. Температуру T_2 по известным T_1, V_1, V_2 .

Математическое описание задач 7–24

$$p_1V_1 = \frac{m}{M}RT_1;$$

$$p_2V_2 = \frac{m}{M}RT_2, \quad m = \text{const};$$

$$\frac{p_1V_1}{T_1} = \frac{p_2V_2}{T_2},$$

$T = \text{const}, V = \text{const}, p = \text{const}$;

$$p_1V_1 = p_2V_2; \quad \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}.$$

Расчетные формулы

7. $p_1 = \frac{p_2V_2T_1}{V_1T_2}$.
8. $p_2 = \frac{p_1V_1T_2}{V_2T_1}$.
9. $V_1 = \frac{V_2p_2T_1}{p_1T_2}$.
10. $V_2 = \frac{V_1p_1T_2}{p_2T_1}$.
11. $T_1 = \frac{T_2p_1V_1}{p_2V_2}$.
12. $T_2 = \frac{T_1p_2V_2}{p_1V_1}$.
13. $p_1 = \frac{p_2V_2}{V_1}$.
14. $p_2 = \frac{p_1V_1}{V_2}$.
15. $V_1 = \frac{p_2V_2}{p_1}$.

$$16. V_2 = \frac{p_1 V_1}{p_2}.$$

$$17. p_1 = \frac{p_2 T_1}{T_2}.$$

$$18. p_2 = \frac{p_1 T_2}{T_1}.$$

$$19. T_1 = \frac{p_1 T_2}{p_2}.$$

$$20. T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1}.$$

$$21. V_1 = \frac{V_2 T_1}{T_2}.$$

$$22. V_2 = \frac{V_1 T_2}{T_1}.$$

$$23. T_1 = \frac{V_1 T_2}{V_2}.$$

$$24. T_2 = \frac{V_2 T_1}{V_1}.$$

Решение

$$T_2 = \frac{T_1 p_2 V_2}{p_1 V_1}, \quad T_2 = \frac{300 \text{ К} \cdot 1,6 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 1,4 \text{ м}^3}{2,8 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 0,8 \text{ м}^3} = 300 \text{ К};$$

$\Delta T = T_2 - T_1$, $\Delta T = 300 \text{ К} - 300 \text{ К} = 0 \text{ К}$ (расширение изотермическое).

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 18.2

Программа 18.2			Инструкция к программе 18.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ В/0 С/П
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	П 6	46		$P_1 - p_1$	(p_1) П 1
07	ИП 9	69		$P_2 - V_1$	(V_1) П 2
08	С/П	50		$P_3 - T_1$	(T_1) П 3
09	ИП 3	63		$P_4 - p_2$	(p_2) П 4
10	ИП 4	64		$P_5 - V_2$	(V_2) П 5
11	ИП 5	65		$P_6 - T_2$	(T_2) П 6
12	x	12		$P_D - I$	(I) П Д
13	x	12		I=0, если определяются величины p_1 , V_1 , T_2 задач 7, 9; 12, 13, 15, 17, 20, 21, 24	
14	ИП 1	61		I=1, если определяются величины p_2 , V_2 , T_1 задач 8, 10, 11, 14, 16, 18, 19, 22, 23	
15	ИП 2	62			
16	ИП 6	66			
17	x	12	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п.5	C/П
18	x	12			
19	÷	13			
20	П 9	49			
21	ИП Д	6Г			
22	F x≠0	57			
23	00	00			
24	ИП 9	69			
25	F 1/x	23			
26	П 9	49			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 18.2

25. Газ, объем которого $0,8 \text{ м}^3$, при температуре 300 К оказывает давление $2,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Определить приращение температуры той же массы газа, если при давлении $1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ он занял объем $1,4 \text{ м}^3$.

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 18.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_1 - p_1 = 2,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $P_2 - V_1 = 0,8 \text{ м}^3$ $P_3 - T_1 = 300 \text{ К}$ $P_4 - p_2 = 1,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ $P_5 - V_2 = 1,4 \text{ м}^3$ $P_D - I = 0$ (так как определяется T_2)	2.8 ВП 5 П 1 0.8 П 2 300 П 3 1.6 ВП 5 П 4 1.4 П 5 0 П Д C/П	280000 8. –01 300. 160000. 1.4 0 300 0
6	Вычислить T_2		
7	Определить $\Delta T = T_2 - T_1$ Результат вычисления: $\Delta T = 0 \text{ К}$	300 –	

Программа 18.2.А

алг программа 18.2.А (вещ p_1 , V_1 , T_1 , p_2 , V_2 , T_2)

арг p_1 , V_1 , T_1 , p_2 , V_2

рез T_2

нач

$$T_2 := \frac{T_1 p_2 V_2}{p_1 V_1}$$

кон

26. Резиновый шар объемом V_1 содержит некоторое количество воздуха, находящегося при атмосферном давлении p_1 и температуре T_1 . Какой объем V_2 займет этот же воздух, если шар опустить в воду на глубину h м? Температура воды T_2 .

Математическое описание задачи 26

$$m = \text{const};$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2};$$

$$p_2 = p_1 + \rho g h;$$

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{T_1 (p_1 + \rho g h)}.$$

Расчетная формула

$$26. V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{(p_1 + \rho g h) T_1}.$$

Программа 18.3			Инструкция к программе 18.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 1	61	1	Включить ПМК	
01	ИП 2	62	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	ИП 3	63	3	Ввести программу	
03	x	12			
04	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 1	61	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – p ₁ P 2 – V ₁ P 3 – T ₂ P 4 – T ₁ P 5 – h	F ПРГ По тексту программы F АВТ В/О (p ₁) П 1 (V ₁) П 2 (T ₂) П 3 (T ₁) П 4 (h) П 5
06	ИП 5	65			
07	9	09			
08	8	08			
09	1	01			
10	0	00			
11	x	12	6	Вычислить V ₂ Для нового счета вернуться к п.5	C/П
12	+	10			
13	ИП 4	64			
14	x	12			
15	÷	13			
16	С/П	50			
17	БП	51			
18	00	00			

Время вычисления – 4 с

Контрольная задача к программе 18.3

27. Резиновый шар содержит 2 л воздуха, находящегося при температуре 290 К и давлении 10⁵ Па. Какой объем займет воздух, если шар будет опущен в воду на глубину 10 м? Температура воды 275 К.

Решение

$$V_2 = \frac{p_1 V_1 T_2}{(p_1 + \rho g h) T_1},$$

$$V_2 = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 0,002 \text{ м}^3 \cdot 275 \text{ К}}{(10^5 \text{ Па} + 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \cdot 10 \text{ м}) \cdot 290 \text{ К}} = 0,95 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 18.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 18.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – p ₁ = 10 ⁵ Па P 2 – V ₁ = 0,002 м ³ P 3 – T ₂ = 275 К P 4 – T ₁ = 290 К P 5 – h = 10 м	Сх ВП 5 П 1 0,002 П 2 275 П 3 290 П 4 10 П 5 С/П	100000. 2. –03 275. 290. 10. 9.5737088 –04
6	Вычислить V ₂ Результат вычисления: V ₂ ≈ 0,96 · 10 ⁻³ м ³		

Программа 18.3.А

```
алг программа 18.3.А (вещ p1, V1, T1, T2, h, V2)
арг p1, V1, T1, T2, h
рез V2
```

нач

$$V_2 := \frac{p_1 V_1 T_2}{(p_1 + 9810 \cdot h) T_1}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 18.1–18.3: Р., № 477–497, 499–531.

§ 19. Свойство паров. Влажность воздуха

1. Определить относительную влажность воздуха φ, если известны следующие параметры: p – парциальное давление паров воды, p₀ – давление насыщенных паров при той же температуре.

2. Определить p по известным параметрам p₀ и φ (см. условие задачи 1).

3. Определить p₀ по известным параметрам p и φ (см. условие задачи 1).

4. Определить относительную влажность воздуха φ, если известны следующие параметры: ρ – абсолютная влажность воздуха (плотность паров) и Q₀ – плотность насыщенных паров при той же температуре.

5. Определить значение ρ по известным параметрам Q₀ и φ, которые описаны в задаче 4.

6. Определить значение Q₀ по известным параметрам ρ и φ (см. задачу 4).

Математическое описание задач 1–6

$$\varphi = \frac{p}{p_0} 100\%,$$

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%.$$

Расчетные формулы

$$1. \varphi = \frac{p}{p_0} 100\%. \quad 2. p = \frac{\varphi p_0}{100\%}. \quad 3. p_0 = \frac{\varphi}{p \cdot 100\%}.$$

$$4. \varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\%. \quad 5. \rho = \frac{\varphi \rho_0}{100\%}. \quad 6. \rho_0 = \frac{\varphi}{\rho \cdot 100\%}.$$

Программа 19.1			Инструкция к программе 19.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 1	41	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 2	42			F АВТ В/0 С/П
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 – p_0 (или ρ_0) P 1 – p (или ρ) P 2 – φ P Д – И	(p_0 или ρ_0) П 0 (p или ρ) П 1 (φ) П 2 (И) П Д
06	ИП 2	62		I=0 для задач 1, 3, 4, 6	
07	ИП 1	61		I=1 для задач 2, 5	
08	ИП 0	60		Вычислить искомую величину	C/П
09	÷	13		Для нового счета вернуться к п.5	
10	↔	14			
11	÷	13			
12	1	01			
13	0	00			
14	0	00			
15	x	12			
16	П 9	49			
17	ИП Д	6Г			
18	F x ≠ 0	57			
19	00	00			
20	ИП 9	69			
21	F 1/x	23			
22	П 9	49			
23	БП	51			
24	00	00			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 19.1

7. Определить относительную влажность воздуха, если последний при температуре 303 К имеет точку росы при температуре 286 К.

Решение

$$\varrho_0 = \varrho_{\text{нас}} \text{ (при } T = 303 \text{ K)} = 30,3 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3;$$

$$\varrho = \varrho_{\text{нас}} \text{ (при } T = 286 \text{ K)} = 11,4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$$

$$\varphi = \frac{\varrho}{\varrho_0} 100\%, \quad \varphi = \frac{0,0114 \text{ кг/м}^3}{0,0303 \text{ кг/м}^3} 100\% \approx 38\%.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 19.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 19.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0 – $\varrho_0 = 0,0303 \text{ кг/м}^3$ P 1 – $\varrho = 0,0114 \text{ кг/м}^3$ P Д – И = 0	0,0303 П 0 0,0114 П 1 0 П Д	3,03 –02 1,14 –02 0. 37,623762
6	Вычислить φ Результат вычисления: $\varphi \approx 37,6\%$	С/П	

Программа 19.1.А

алг программа 19.1.А (вещ ϱ , ϱ_0 , φ)

арг ϱ , ϱ_0
рез φ

нач

$$\varphi := \frac{\varrho}{\varrho_0} 100\%$$

кон

8. Определить, какую массу воды Δm надо испарить в воздух объемом V , относительная влажность которого φ_1 , температура T_1 , плотность насыщенного пара $\varrho_{\text{нас}}$, чтобы увлажнить его воздух до φ_2 при T_2 и плотности насыщенного пара $\varrho_{\text{нас2}}$.

9. При T_1 воздух имеет относительную влажность φ_1 . Сколько выпадет росы Δm , если температура понизится до T_2 ($\varphi_2 = 100\%$)?

Математическое описание задач 8, 9

$$m_1 = \varphi_1 \varrho_{\text{нас}} \frac{V}{100\%};$$

$$m_2 = \varphi_2 \varrho_{\text{нас2}} \frac{V}{100\%}.$$

Расчетная формула

$$8, 9. \Delta m = (\varphi_1 \varrho_{\text{нас1}} - \varphi_2 \varrho_{\text{нас2}}) \frac{V}{100\%}.$$

Программа 19.2			Инструкции к программе 19.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 2	62	1	Включить ПМК	
01	ИП В	6L	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	x	12	3	Ввести программу	
03	ИП 1	61			
04	ИП А	6-	4	Перейти в режим F АВТ	
05	x	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	-	11		P 0-V	(V) П 0
07	ИП 0	60		P 1-Q _{h1}	(Q _{h1}) П 1
08	1	01		P 2-Q _{h2}	(Q _{h2}) П 2
09	0	00		P A-φ ₁	(φ ₁) П А
10	0	00		P B-φ ₂	(φ ₂) П В
11	÷	13	6	Вычислить Δm	C/П
12	x	12		Для нового счета вернуться к п.5	
13	↑	0E			
14	/-	0L			
15	С/П	50			
16	БП	51			
17	00	00			

Время вычисления—3 с

Контрольная задача к программе 19.2

10. При температуре, равной 28 °C, относительная влажность воздуха равна 50%. Определить массу выпавшей росы из 1 км³ воздуха при понижении температуры до 12 °C.

Решение

$$Q_{h1} = 27,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3; Q_{h2} = 10,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3; \Delta m = (\varphi_1 Q_{h1} - \varphi_2 Q_{h2}) \frac{V}{100\%},$$

$$\Delta m = (50\% \cdot 0,0272 \text{ кг}/\text{м}^3 - 100\% \cdot 0,0107 \text{ кг}/\text{м}^3) \cdot \frac{10^9 \text{ м}^3}{100\%} = 2,9 \cdot 10^6 \text{ кг}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 19.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 19.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-V = 10 ⁹ м ³ P 1-Q _{h1} = 0,0272 кг/м ³ P 2-Q _{h2} = 0,0107 кг/м ³ P A-φ ₁ = 50% P B-φ ₂ = 100%	Cx ВП 9 П О 0.0272 П 1 0.0107 П 2 50 ПА 100 ПВ С/П	1. 09 2.72 -02 1.07 -02 50. 100. 2900000.
6	Вычислить Δm Результат вычисления: Δm = 2.9 · 10 ⁶ кг		

Программа 19.2.А

алг программа 19.2.А (вещ V, Q_{h1}, Q_{h2}, φ₁, φ₂, Δm)

арг V, Q_{h1}, Q_{h2}, φ₁, φ₂

рез Δm

нач

$$\Delta m := (\varphi_1 Q_{h1} - \varphi_2 Q_{h2}) \frac{V}{100\%}$$

кон

11. Воздух объемом V, насыщенный водяным паром при температуре T, имеет массу m при давлении p. Определить абсолютную влажность Q и парциальное давление пара p_п.

Математическое описание задачи 11

$$Q = \frac{m_n}{V}; m = m_n + m_b; p = p_n + p_b;$$

$$p_n = m_n \frac{RT}{M_n V};$$

$$m_n = \frac{M_n}{M_b - M_n} \left(\frac{p V M_b}{RT} - m \right).$$

Расчетные формулы

$$11. Q = \frac{M_n}{M_b - M_n} \left(\frac{p M_b}{RT} - \frac{m}{V} \right); p_n = Q \frac{RT}{M_n}.$$

Программа 19.3			Инструкция к программе 19.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		01	1	Включить ПМК	
01	.	0-	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	6	06	3	Ввести программу	
03		04			
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 2	62	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1-p P 2-T P 3-m P 4-V	
06	÷	13			
07	3	03			
08	4	04			
09	9	09			
10	ВП	0C	6	Вычислить Q	
11	/-	0L	7	Вычислить p _п	
12	5	05			
13	x	12			
14	ИП 3	63			
15	ИП 4	64			
16	÷	13			

Продолжение

Программа 19.3			Инструкция к программе 19.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
17	—	11			
18	х	12			
19	С/П	50			
20	4	04			
21	6	06			
22	2	02			
23	х	12			
24	ИП 2	62			
25	х	12			
26	С/П	50			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления $Q = 5$ с, $p_n = 3$ с

Контрольная задача к программе 19.3

12. Один литр воздуха, насыщенного водяным паром при $T = 323$ К, имеет массу 1,04 г при $p = 10^5$ Па. Определить абсолютную влажность воздуха и парциальное давление пара.

Решение

$$Q = \frac{M_n}{M_b - M_n} \left(\frac{pM_n}{RT} - \frac{m}{V} \right),$$

$$Q = 1,64 \cdot (0,00349 \cdot 10^5 / 323 - 0,00104 / 0,001) \text{ кг/м}^3 \approx 0,082 \text{ кг/м}^3;$$

$$p_n = Q \frac{RT}{M_n}, p_n = 0,082 \cdot 462 \cdot 323 \approx 12000 \text{ Па.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 19.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 19.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 – $p = 10^5$ Па Р 2 – $T = 323$ К Р 3 – $m = 0.00104$ кг Р 4 – $V = 0.001 \text{ м}^3$	Сх ВП 5 П 1 323 П 2 104 ВП/-/5 П 3 Сх ВП/-/3 П 4 С/П С/П	100000. 323. 1.04 –03 1. –03 6.6412292 –02 9910.4407
6	Вычислить Q		
7	Вычислить p_n Результат вычислений: $Q \approx 6.6 \cdot 10^{-2}$ кг/м ³ , $p_n \approx 9910$ Па		

Программа 19.3.А

алг программа 19.3.А (вещ p, T, m, V, Q, p_n)

арг p, T, m, V

рез Q, p_n

нач

$$Q := 1,64 \cdot (0,0349 \cdot p/T - m/V)$$

$$p_n := 462 \cdot Q \cdot T$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 19.1–19.3: № 611–613, 625–629.

§ 20. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления

1. Проволока длиной l и массой m соприкасается с жидкостью, коэффициент поверхностного натяжения которой σ . Какую силу необходимо приложить, чтобы оторвать проволоку от поверхности?

2. Определить коэффициент поверхностного натяжения σ , если для отрыва проволоки длиной l и массой m от поверхности жидкости требуется сила F .

Математическое описание задач 1, 2

$$F_t = mg;$$

$$F_h = 2\sigma l;$$

$$F = F_t + F_h.$$

Расчетные формулы

$$1. F = mg + 2\sigma l. \quad 2. \sigma = \frac{F - mg}{2l}.$$

Программа 20.1			Инструкция к программе 20.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	Сх	0Г	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	ИП 9	69	3	Ввести программу	
03	С/П	50			
04	ИП 0	60	4	Перейти в режим F АВТ	
05	F х=0	5E	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 – σ (ограничение: $\sigma \neq 0$)	
06	19	19		P 1 – F	(σ) П 0
07	ИП 1	61		P 2 – m	(F) П 1
08	ИП 2	62		P 3 – g	(m) П 2
09	ИП 3	63		P 4 – l	(g) П 3
10	х	12			(l) П 4

Продолжение

Программа 20.1			Инструкция к программе 20.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
11	—	11	6	Вычислить искомые величины F или σ Для нового счета вернуться к п. 5	С/П
12	ИП 4	64			
13	2	02			
14	х	12			
15	÷	13			
16	П 9	49			
17	БП	51			
18	00	00			
19	ИП 2	62			
20	ИП 3	63			
21	х	12			
22	ИП 4	64			
23	ИП 0	60			
24	х	12			
25	2	02			
26	х	12			
27	+	10			
28	П 9	49			
29	БП	51			
30	00	00			

Время вычисления — 5 с

Контрольная задача к программе 20.1

3. Тонкое алюминиевое кольцо радиусом 7,8 см соприкасается с мыльным раствором. Какую силу нужно приложить к кольцу, чтобы оторвать его от раствора? Масса кольца 7 г.

Решение $l = 2\pi R$, $l = 2\pi \cdot 0,078$ м = 0,5 м;

$$F = mg + 2\sigma l, F = 0,007 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 + 2 \cdot 0,04 \text{ Н/м} \cdot 0,5 \text{ м} \approx 0,11 \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 20.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 20.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - \sigma = 0.04$ Н/м $P_2 - m = 0.007$ кг $P_3 - g = 9.81$ м/с ² $P_4 - l = (2\pi \cdot 0.078)$ м	0.04 П 0 0.007 П 2 9.81 П 3 2Fπ 0.078 × × П 4	4. -02 7. -03 9.81 4.9008844 -01 1.0787708 -01
6	Вычислить F Результат вычисления: $F \approx 0.108$ Н	С/П	

Программа 20.1.А

алг программа 20.1.А (вещ σ , m , g , l , F)

арг σ , m , g , l
рез F

нач
 $F := mg + 2\sigma l$

кон

4. Определить высоту h подъема жидкости в капилляре, если коэффициент поверхностного натяжения жидкости σ , ее плотность Q , а радиус капилляра R . Ускорение свободного падения g .

5. Определить коэффициент поверхностного натяжения σ по известным параметрам Q , g , h , R .

6. Определить плотность жидкости Q по известным параметрам σ , R , h .

7. Определить радиус капилляра R по известным параметрам σ , g , h , Q .

8. Определить ускорение свободного падения g по известным параметрам σ , R , h , Q .

Математическое описание задач 4–8

$$p = \frac{F}{S};$$

$$\varrho gh = \frac{2\pi Ro}{\pi R^2};$$

$$\varrho gh = \frac{2\sigma}{R}.$$

Расчетные формулы

$$4. h = \frac{2\sigma}{\varrho g R}. \quad 5. \sigma = \varrho gh \frac{R}{2}. \quad 6. Q = \frac{2\sigma}{ghR}.$$

$$7. R = \frac{2\sigma}{ghQ}. \quad 8. g = \frac{2\sigma}{hRQ}.$$

Программа 20.2			Инструкция к программе 20.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	
03	П 3	43			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	

Продолжение

Программа 20.2			Инструкция к программе 20.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1— <i>Q</i> Р 2— <i>g</i> Р 3— <i>h</i> Р 4— <i>R</i> Р 5— <i>σ</i> Р Д—И	(<i>q</i>) П 1 (<i>g</i>) П 2 (<i>h</i>) П 3 (<i>R</i>) П 4 (<i>σ</i>) П 5 (И) П Д
06	ИП 6	66			
07	С/П	50			
08	ИП 1	61			
09	ИП 2	62			
10	ИП 3	63			
11	ИП 4	64			
12	х	12		И=0 для задач 4, 6, 7, 8	
13	х	12		И=1 для задачи 5	
14	х	12	6	Вычислить искомую величину Для итогового счета вернуться к п. 5	С/П
15	ИП 5	65			
16	2	02			
17	х	12			
18	↔	14			
19	÷	13			
20	П 6	46			
21	ИП, Д	6Г			
22	F x ≠ 0	57			
23	00	00			
24	ИП 6	66			
25	F 1/x	23			
26	П 6	46			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления—6 с

Контрольная задача к программе 20.2

9. На какую высоту поднимется вода в стеклянной капиллярной трубке, диаметр которой равен 0,20 мм? Коэффициент поверхностного натяжения 0,072 Н/м, ускорение свободного падения 9,8 м/с².

Решение

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g R},$$

$$h = \frac{2 \cdot 0,072 \text{ Н/м}}{1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 10^{-4} \text{ м}} \approx 0,147 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 20.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4 5	См. инструкцию к программе 20.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1— <i>Q</i> = 1000 кг/м ³ Р 2— <i>g</i> = 9,8 м/с ² Р 4— <i>R</i> = 10 ⁻⁴ м Р 5— <i>σ</i> = 0,072 Н/м Р Д—И = 0	Сх ВП З П 1 9,8 П 2 Сх ВП /—/4 П 4 0,072 П 5 0 П Д С/П	1000. 9,8 1. —04 7,2 —02 0 1,4693877 —01
6	Вычислить <i>h</i> Результат вычисления: <i>h</i> ≈ 0,147 м		

Программа 20.2.А

алг программа 20.2.А (вещ *σ*, *Q*, *g*, *R*, *h*)

арг *σ*, *Q*, *g*, *R*

рез *h*

нач

$$h := \frac{2\sigma}{\rho g R}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 20.1—20.2: Р., № 643, 649—654.

§ 21. Механические свойства твердых тел

1. Определить модуль упругости *E* по известным параметрам: *F*—приложенная сила, *S*—площадь сечения, *l₀*—длина образца, $|\Delta l|$ —абсолютное удлинение образца.

2. Из условия задачи 1 определить величину силы *F* по известным параметрам *E*, *S*, *l₀*, $|\Delta l|$.

3. Определить *S* по известным параметрам *F*, *E*, *l₀*, $|\Delta l|$ (см. задачу 1).

4. Из условия задачи 1 определить *l₀* по известным параметрам *E*, *S*, $|\Delta l|$, *F*.

5. Определить удлинение $|\Delta l|$ по известным параметрам *E*, *S*, *l₀*, *F* (см. задачу 1).

6. Определить модуль упругости *E* по известным параметрам: *F*—приложенная сила, *S*—площадь сечения, $|\varepsilon|$ —относительное удлинение образца.

7. Определить силу *F* по известным параметрам *E*, *S*, $|\varepsilon|$ (см. задачу 6).

8. Из условия задачи 6 определить площадь *S* по параметрам *F*, *E*, $|\varepsilon|$.

9. Определить относительное удлинение $|\varepsilon|$ по известным параметрам F , E , S (см. задачу 6).

10. Определить коэффициент жесткости k в законе Гука по известным параметрам: E – модуль упругости, S – площадь сечения и l_0 – длина образца.

Математическое описание задач 1–10

$$\sigma = \frac{F}{S}; \quad \sigma = E |\varepsilon|; \quad F = k |\Delta l|.$$

Расчетные формулы

$$\begin{aligned} 1. \quad E &= \frac{Fl_0}{|\Delta l|S}. & 2. \quad F &= \frac{ES}{l_0} |\Delta l|. & 3. \quad S &= \frac{Fl_0}{|\Delta l|E}. & 4. \quad l_0 &= \frac{ES |\Delta l|}{F}. \\ 5. \quad |\Delta l| &= \frac{Fl_0}{ES}. & 6. \quad E &= \frac{F}{S/|\varepsilon|}. & 7. \quad F &= ES |\varepsilon|. & 8. \quad S &= \frac{F}{E |\varepsilon|}. \\ 9. \quad |\varepsilon| &= \frac{F}{ES}. & 10. \quad k &= \frac{ES}{l_0}. \end{aligned}$$

Программа 21.1			Инструкция к программе 21.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ В/0 С/П
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	ИП 6	66		P 1 – F	(F) П 1
07	С/П	50		P 2 – l ₀	(l ₀) П 2
08	ИП 1	61		P 3 – Δl или ε	(Δl) или (ε) П 3
09	ИП 2	62		P 4 – S	(S) П 4
10	x	12		P 5 – E	(E) П 5
11	ИП 3	63		РД – И	(И) П Д
12	ИП 4	64		I=0 для задач 1, 3, 5, 6, 8, 9	
13	ИП 5	65		I=1 для задач 2, 4, 7, 10	
14	x	12	6	Вычислить искомую величину	C/П
15	x	12		Для нового счета вернуться к п. 5	
16	÷	13			
17	П 6	46			
18	ИП Д	61			
19	F x ≠ 0	57			
20	00	00			
21	ИП 6	66			
22	F 1/x	23			
23	П 6	46			
24	БП	51			
25	00	00			

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 21.1

11. Образец длиной 10 см и диаметром 1 мм после подвешивания на него груза массой 100 г удлинился на 7 см. Определить модуль упругости резины.

Решение

$$S = \frac{1}{4} \pi d^2, \quad S = \frac{1}{4} \pi (10^{-3})^2 \text{ м}^2 \approx 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2;$$

$$F = mg, \quad F = 0,1 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 \approx 0,981 \text{ Н};$$

$$E = \frac{Fl_0}{|\Delta l|S}, \quad E = \frac{0,981 \text{ Н} \cdot 0,1 \text{ м}}{0,7 \text{ м} \cdot 8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2} \approx 1,8 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 21.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 21.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – F = (9,81 · 10 ⁻¹) Н P 2 – l ₀ = 0,1 м P 3 – Δl = 0,07 м P 4 – S = $\left(\frac{1}{4} \pi \cdot (10^{-3})^2\right) \text{ м}^2$	0,981 П 1 0,1 П 2 0,07 П 3 Сх ВП / – / 3	9,81 –01 1. –01 7. –02 7,8539815 –07
6	P Д – И = 0 Вычислить E Результат вычисления: E ≈ 1784354 Па	0 П Д С/П	0. 1784354.2

Программа 21.1.А

алг программа 21.1.А (вещ E , F , l_0 , $|\Delta l|$, S)

арг F , l_0 , $|\Delta l|$, S

рез E

нач

$$E := \frac{Fl_0}{|\Delta l|S}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 21.1: Р., № 669–676.

ГЛАВА 6. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

§ 22. Первый закон термодинамики.

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

1. Определить изменение внутренней энергии ΔU тела, если n тел совершили над ним механическую работу A_i , а k тел передали некоторое количество теплоты Q_j .

Математическое описание задачи 1

Первое начало термодинамики: $\Delta U = Q + A$.

$$Q = \sum_{j=1}^k Q_j;$$

$$A = \sum_{i=1}^n A_i.$$

Расчетная формула

$$1. \Delta U = \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{j=1}^k Q_j.$$

Программа 22.1			Инструкция к программе 22.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП А	6-	1	Включить ПМК	
01	+	10	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П А	4-	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50			F АВТ В/0
04	БП	51	4	Перейти в режим F АВТ	(A _i) С/П
05	00	00	5	Ввести A_i	
			6	Если $i < n$, то вернуться к п. 5	
			7	Ввести Q_j	(Q _j) С/П
			8	Если $j < k$, то вернуться к п. 7	

Время вычисления—1 с

Контрольная задача к программе 22.1

2. Как изменилась внутренняя энергия тела, если оно получило количество теплоты, равное 100 Дж, и совершило над внешними телами работу, равную 70 Дж?

Решение

$$\Delta U = A + Q,$$

$$\Delta U = -70 \text{ Дж} + 100 \text{ Дж} = 30 \text{ Дж}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 22.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 22.1		
5	Ввести $A = -70$ Дж	70 /-/ С/П	-70.
6	Перейти к п. 7 (1=1)		
7	Ввести $Q = 100$ Дж	100 С/П	30.
8	Перейти к п. 9 (1=1) Результат вычисления: $\Delta U = 30$ Дж		

Программа 22.1.А

алг программа 22.1.А (цел N, K, веществ таб A [1:N], Q [1:K], веществ ΔU)

арг A, Q

рез ΔU

нач цел I, J

ΔU := 0; I := 0; J := 0

пока I < N

иц

I := I + 1

ΔU := ΔU + A [I]

кп

пока J < K

иц

J := J + 1

ΔU := ΔU + Q [J]

кп

кон

Газ массой m при изменении температуры на ΔT , расширяясь, совершает работу ΔA при постоянном давлении. Молекулярная масса газа равна M , универсальная газовая постоянная R . Определить значения величин по известным данным:

3. ΔA по известным m , ΔT , M , R .

4. ΔT по известным m , ΔA , M , R .

5. m по известным ΔT , ΔA , M , R .

6. M по известным ΔT , ΔA , m , R .

Газ, количество вещества которого ν , при изменении температуры ΔT , расширяясь, совершает при постоянном давлении работу ΔA . Универсальная газовая постоянная R . Определить значения величин по известным данным:

7. ΔA по известным ΔT , ν , R .

8. ΔT по известным ΔA , ν , R .

9. v по известным ΔA , ΔT , R .

Газ, давление которого p , совершает работу ΔA , расширяясь при этом на величину ΔV , при постоянном давлении. Определить значения величин по известным данным:

10. ΔA по известным p , ΔV .11. ΔV по известным p , ΔA .12. p по известным ΔV , ΔA .

Математическое описание задач 3–12

$$\Delta A = F \Delta l;$$

$$F = pS;$$

$$\Delta V = S \Delta l;$$

$$\Delta A = p \Delta V; p = \text{const};$$

$$p \Delta V = v R \Delta T; V = \text{const};$$

$$v = \frac{m}{M}.$$

Расчетные формулы

$$3. \Delta A = \frac{m}{M} R \Delta T.$$

$$4. \Delta T = \frac{M \Delta A}{mR}. \quad 5. m = \frac{M \Delta A}{R \Delta T}.$$

$$6. M = mR \frac{\Delta T}{\Delta A}.$$

$$7. \Delta A = v R \Delta T. \quad 8. \Delta T = \frac{\Delta A}{vR}.$$

$$9. v = \frac{\Delta A}{R \Delta T}.$$

$$10. \Delta A = p \Delta V. \quad 11. \Delta V = \frac{\Delta A}{p}.$$

$$12. p = \frac{\Delta A}{\Delta V}.$$

Программа 22.2			Инструкция к программе 22.2			
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	
00	1	01	1	Включить ПМК		
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ	
02	П А	4-	3	Ввести программу	По тексту программы	
03	П В	4L			F АВТ B/0 С/П	
04	П С	4C	4	Перейти в режим F АВТ		
05	П 0	40	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1-R P 0-m (v или p) P A-ΔA P B-M P C-ΔT (или ΔV) P D-И	(R) П 1 (m, v или p) П 0 (ΔA) П А (M) П В (ΔT или ΔV) П С (И) П Д	
06	ИП 9	69				
07	С/П	50				
08	ИП 1	61				
09	ИП 0	60				
10	ИП С	6C				
11	x	12				
12	x	12		И=0 для задач 3, 6, 7, 10		

Программа 22.2			Инструкция к программе 22.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
13	ИП А	6-			
14	ИП В	6L	6	I=1 для задач 4, 5, 8, 9, 11, 12 Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	С/П
15	x	12			
16	÷	13			
17	П 9	49			
18	ИП Д	6Г			
19	F x≠0	57			
20	00	00			
21	ИП 9	69			
22	F 1/x	23			
23	П 9	49			
24	БП	51			
25	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 22.2

13. Определить, из какого газа, масса которого 100 г, состоит рабочее тело двигателя, если при увеличении температуры на 1 К газ совершает работу, равную 420 Дж.

Решение

$$M = mR \frac{\Delta T}{\Delta A},$$

$$M = 0,1 \text{ кг} \cdot 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К}) \cdot \frac{1 \text{ К}}{420 \text{ Дж}} \approx 0,002 \text{ кг/моль. Газ – водород (H}_2\text{).}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 22.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4			
5	См. инструкцию к программе 22.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1-R = 8,31 Дж/(моль · К) P 0-m = 0,1 кг P A-ΔA = 420 Дж P C-ΔT = 1 К P D-И=0 Вычислить M Результат вычисления: M ≈ 0,002 кг/моль	8,31 П 1 0,1 П 0 420 П А 1 П С 0 П Д С/П	8,31 1. -01 420. 1. 0. 1,9785714 -03
6			

Программа 22.2.А

```

алг программа 22.2.А (вещ m, R,  $\Delta T$ ,  $\Delta A$ , M)
арг m, R,  $\Delta T$ ,  $\Delta A$ 
рез M
нач

```

$$M := m R \frac{\Delta T}{\Delta A}$$

кон

14. Идеальный газ, содержащий количество вещества, равное v моль, совершают работу по замкнутому циклу, который состоит из двух изохор и двух изобар (рис. 25). Температура в точке 1 равна T_1 , в точке 3 равна T_3 . Определить работу A , совершающую газом за цикл, если точки 2 и 4 лежат на одной изотерме.

Математическое описание задачи 14

$$p_1 V_1 = v RT_1; p_2 V_2 = v RT_2; p_3 V_3 = v RT_3; p_4 V_4 = v RT_4;$$

$$p_1 = p_4; p_2 = p_3; T_2 = T_4; V_1 = V_2; V_3 = V_4;$$

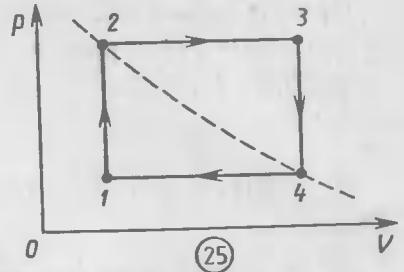
$$A = v(p_2 - p_1)(V_4 - V_1); A = Rv(T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3} + T_1).$$

Расчетная формула

$$14. A = v R (T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3} + T_1).$$

Программа 22.3			Инструкции к программе 22.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 2	62	1	Включить ПМК	
01	ИП 3	63	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 1	61	3	Ввести программу	По тексту программы F АВТ B/0
03	+	10			
04	ИП 3	63	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 1	61	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
	x	12		P 0-R	(R) П 0
06	FV	21		P 1-T ₁	(T ₁) П 1
07	2	02		P 2-v	(v) П 2
08	x	12		P 3-T ₃	(T ₃) П 3
09	-	11	6	Вычислить A	C/П
10	ИП 0	60		Для нового счета вернуться к п. 5	
11	x	12			
12	x	12			
13	x	12			
14	C/П	50			
15	БП	51			
16	00	00			

Время вычисления—4 с



Контрольная задача к программе 22.3

15. Идеальный газ, содержащий количество вещества $v=4$ моль, совершает работу по замкнутому циклу, изображенному на рисунке 25. Определить работу, совершающую газом за цикл, если $T_3=370$ К, а $T_1=290$ К.

Решение

$$A = (p_2 - p_1)(V_4 - V_1) = p_2 V_4 - p_2 V_1 - p_1 V_4 + p_1 V_1;$$

$$p_1 V_1 = RT_1; p_2 V_2 = RT_2;$$

$$p_3 V_3 = RT_3; p_4 V_4 = RT_4;$$

$$p_1 = p_4; p_2 = p_3;$$

$$V_1 = V_2; V_3 = V_4;$$

$$T_2 = T_4;$$

$$A = Rv(T_3 - 2\sqrt{T_1 T_3} + T_1),$$

$$A = 8,31 \cdot 4 (370 - 2\sqrt{290 \cdot 370} + 290) = 161,76 \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 22.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 22.3		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-R = 8,31 Дж/(моль · К) P 1-T ₁ = 290 К P 3-T ₃ = 370 К P 2-v = 4 моль	8.31 П 0 290 П 1 370 П 3 4 П 2 C/П	8.31 290. 370. 4. 161.76046
6	Вычислить A Результат вычисления: $A \approx 162$ Дж		

Программа 22.3.А

алг программа 22.3.А (вещ R , v , T_1 , T_3 , A)

арг R , v , T_1 , T_3
рез A

нач

$$A := R v (T_3 - 2 \sqrt{T_1 T_3} + T_1)$$

кон

16. Определить внутреннюю энергию U идеального газа, содержащего v молей, при температуре T . Универсальная газовая постоянная R .

17. Определить температуру T идеального газа, содержащего v молей, если его внутренняя энергия равна U . Универсальная газовая постоянная R .

18. Определить внутреннюю энергию U идеального газа массой m при температуре T . Молярная масса газа M , универсальная газовая постоянная R .

19. Определить температуру T постоянного газа массой m , если его внутренняя энергия U . Молярная масса газа M , универсальная газовая постоянная R .

20. Определить внутреннюю энергию U идеального газа, объем которого равен V , при давлении p .

21. Определить давление p идеального газа, если его объем равен V , а внутренняя энергия U .

Математическое описание задач 16–21

$$U = NE = v N_A \frac{3}{2} kT,$$

$$U = \frac{3}{2} v RT,$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT,$$

$$U = \frac{3}{2} p V.$$

Расчетные формулы

$$16. U = \frac{3}{2} v RT. \quad 17. T = \frac{2}{3} \frac{U}{vR}. \quad 18. U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT.$$

$$19. T = \frac{2}{3} \frac{M}{m} \frac{U}{R}. \quad 20. U = \frac{3}{2} p V. \quad 21. p = \frac{2}{3} \frac{U}{V}.$$

Программа 22.4			Инструкция к программе 22.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 3	43	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 4	44			
04	П 5	45	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	ИП 6	66	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	B/0 С/П
06	С/П	50		P 1– m или v	(m или v) П 1
07	3	03		P 2– R или V	(R или V) П 2
08	ИП 1	61		P 3– T или p	(T или p) П 3
09	ИП 2	62		P 4– M	(M) П 4
10	ИП 3	63		P 5– U	(U) П 5
				P Д–И	(И) П Д
11	x	12		I=0 для задач 16, 18, 20	
12	x	12		I=1 для задач 17, 19, 21	
13	x	12			
14	2	02	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
15	ИП 4	64			
16	ИП 5	65			
17	x	12			
18	x	12			
19	÷	13			
20	П 6	46			
21	ИП Д	67			
22	F $x \neq 0$	57			
23	00	00			
24	ИП 6	66			
25	F $1/x$	23			
26	П 6	46			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 22.4

22. Определить внутреннюю энергию идеального газа, содержащего $v=2$ моль, при температуре 290 К.

Решение

$$U = \frac{3}{2} v RT,$$

$$U = \frac{3}{2} \cdot 2 \text{ моль} \cdot 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)} \cdot 290 \text{ К} \approx 7200 \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 22.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 22.4		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 - $v = 2$ моль Р 2 - $R = 8.31$ Дж/(моль · К) Р 3 - $T = 290$ К Р Д - И = 0	2 П 1 8.31 П 2 290 П 3 0 П Д С/П	2. 8.31 290. 0. 7229.7
6	Вычислить U Результат вычисления: $U \approx 7230$ Дж		

Программа 22.4.А

```
алг программа 22.4.А (вещ  $v$ ,  $R$ ,  $T$ ,  $U$ )
    арг  $v$ ,  $R$ ,  $T$ 
    рез  $U$ 
```

нач

$$U := \frac{3}{2} v R T$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 22.1–22.4: Р., № 533–535, 537, 539, 541–549, 552.

§ 23. Изменение внутренней энергии тел в процессе теплопередачи и совершения работы. Тепловые двигатели

1. Определить количество теплоты, необходимое для процесса теплообмена, если известны удельная теплоемкость вещества c_i , масса вещества m_i , нагреваемого на Δt_i , удельная теплота плавления λ_j вещества массой m_j , r_k – удельная теплота парообразования вещества массой m_k .

Математическое описание задачи 1

$$Q = \sum_{i=1}^l Q_i + \sum_{j=1}^m Q_j + \sum_{k=1}^n Q_k;$$

$$Q = \sum_{i=1}^l c_i m_i \Delta t_i + \sum_{j=1}^m \lambda_j m_j + \sum_{k=1}^n r_k m_k.$$

Расчетная формула

$$1. Q = \sum_{i=1}^l c_i m_i \Delta t_i + \sum_{j=1}^m \lambda_j m_j + \sum_{k=1}^n r_k m_k.$$

Программа 23.1			Инструкция к программе 23.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 9	69	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50			F АВТ В/0 С/П
04	х	12	4	Перейти в режим F АВТ	(Δt) П 0
05	ИП 0	60	5	Ввести Δt в Р 0 (если рассматривается нагревание)	(c_i , λ_j или r_k)
06	х	12	6	Ввести c_i , r_k , λ_j в РХ (в зависимости от рассматриваемого явления)	↑ (m)
07	ИП 9	69			C/П
08	+	10			
09	П 9	49			
10	Б П	51	7	Ввести в РХ массу вещества m	
11	00	00	8	Вычислить Q	
				Для нового счета вернуться к п. 5	

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 23.1

2. Сколько необходимо затратить энергии, чтобы испарить 100 г льда, находящегося при температуре -10°C ?

Решение

$$Q = c_1 m \Delta t_1 + \lambda_1 m + c_2 m \Delta t_2 + r_1 m,$$

$$Q = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 0.1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ К} + 330000 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot 0.1 \text{ кг} +$$

$$+ 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 0.1 \text{ кг} \cdot 100 \text{ К} + 2.3 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг} \cdot 0.1 \text{ кг} \approx 307 \text{ кДж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 23.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 23.1		
5	Ввести $\Delta t_1 = 10$ К в Р 0	10 П 0	10.
6	Ввести $c_1 = 2100$ Дж/кг в РХ	2100 ↑	2100.
7	Ввести $m = 0.1$ кг в РХ	0.1	0.1
8	Ввести Q_1	С/П	2100.
	Перейти к п.5		
	Перейти к п.6, так как Δt вводить не нужно		
6'	Ввести $\lambda_1 = 330000$ Дж/кг в РХ	33 ВП 4 ↑	330000.
7'	Ввести $m = 0.1$ кг в РХ	0.1	0.1
8'	Вычислить $Q_1 + Q_2$	С/П	35100.
	Перейти к п.5		
5''	Ввести $\Delta t_2 = 100$ К в Р 0	100 П 0	100.

Продолжение

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
6"	Ввести $c_2 = 4200$ Дж / (кг · К) в РХ	4200 ↑	4200.
7"	Ввести $m = 0.1$ кг в РХ	0.1	0.1
8"	Вычислить $Q_1 + Q_2 + Q_3$	С/П	77100.
	Перейти к п. 5		
	Перейти к п. 6		
6"	Ввести $r_1 = 2300000$ Дж / кг в РХ	23 ВП 5 ↑	2300000.
7"	Ввести $m = 0.1$ кг в РХ	0.1	0.1
8"	Вычислить Q	С/П	307100.
	Результат вычисления: $Q = 307100$ Дж		

Программа 23.1.А

алг программа 23.1.А (цел l, m, n , вещ таб $\Delta t [1:l], c [1:l], m_1 [1:l], \lambda [1:m]$, $m_2 [1:m]$, $r [1:n]$, $m_3 [1:n]$, вещ Q)

арг $\Delta t, c, m_1, \lambda, m_2, r, m_3$

рез Q

нач цел i, j, k

$i := 0; j := 0; k := 0; Q := 0$

пока $i < l$

иц

$i := i + 1$

$Q := Q + m_1 [i] c [i] \Delta t [i]$

кц

пока $j < m$

иц

$j := j + 1$

$Q := Q + m_2 [j] \lambda [j]$

кц

пока $k < n$

иц

$k := k + 1$

$Q := Q + m_3 [k] r [k]$

кц

кон

Автомобиль, двигаясь со скоростью v , в течение времени t на пути l расходует топливо массой m . При этом развивается мощность N . Удельная теплота сгорания топлива q , коэффициент полезного действия двигателя η . Определить значения по известным данным:

3. η по известным N, t, q, m .

4. N по известным η, q, t, m .

5. t по известным η, N, q, m .

6. q по известным η, N, t, m .

7. m по известным η, N, t, q .

8. η по известным N, v, l, q, m .

9. N по известным η, v, l, q, m .

10. v по известным η, N, l, q, m .

11. l по известным η, N, v, q, m .

12. q по известным η, N, v, l, m .

13. m по известным η, N, v, l, q .

Математическое описание задач 3–13

$$\eta = \frac{A}{Q}; A = Nt; Q = mq; t = \frac{l}{v}.$$

Расчетные формулы

$$\begin{array}{llll} 3. \eta = \frac{Nt}{qm}. & 4. N = \frac{\eta qm}{t}. & 5. t = \frac{\eta qm}{N}. & 6. q = \frac{Nt}{\eta m}. \\ 7. m = \frac{Nt}{\eta q}. & 8. \eta = \frac{Nl}{qmv}. & 9. N = \frac{\eta qmv}{l}. & 10. v = \frac{Nl}{\eta qm}. \\ 11. l = \frac{\eta qmv}{N}. & 12. q = \frac{Nl}{\eta mv}. & 13. m = \frac{Nl}{\eta qv}. & \end{array}$$

Программа 23.2			Инструкция к программе 23.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ B/0 С/П
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти	
06	П 6	46		P 1–N	(N) П 1
07	П 7	47		P 2–t	(t) П 2
08	ИП 9	69		P 3–l	(l) П 3
09	С/П	50		P 4–v	(v) П 4
10	ИП 1	61		P 5–q	(q) П 5
11	ИП 2	62		P 6–m	(m) П 6
12	ИП 3	63		P 7–η	(η) П 7
13	ИП 4	64		P Д–И	(И) П Д
14	÷	13		И=0, если определяются η, q, m, v (задачи 3, 6, 7, 8, 10, 12, 13)	
15	x	12			

Продолжение

Программа 23.2			Инструкция к программе 23.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
16	x	12			
17	ИП 5	65	6	И=1, если определяются N, l, t (задачи 4, 5, 9, 11)	
18	ИП 6	66		Вычислить искомую величину	
19	ИП 7	67		Для нового счета вернуться к п.5	
20	x	12			C/P
21	x	12			
22	÷	13			
23	П 9	49			
24	ИП Д	6Г			
25	F x≠0	57			
26	00	00			
27	ИП 9	69			
28	F 1/x	23			
29	П 9	49			
30	Б П	51			
31	00	00			

Время вычисления—7 с

Контрольная задача к программе 23.2

14. Определить скорость автомобиля «Москвич», если при КПД, равном 25%, его двигатель развил мощность 27,75 кВт и израсходовал 10 кг бензина на 100 км пути.

Решение

$$v = \frac{Nl}{\eta qm}, \quad v = \frac{27750 \text{ Вт} \cdot 10^5 \text{ м}}{0,25 \cdot 4,6 \cdot 10^7 \text{ Дж / кг} \cdot 100 \text{ кг}} \approx 24,13 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 23.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4 5	См. инструкцию к программе 23.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—N = 27750 Вт P 3—l = 10 ⁵ м P 5—q = 4,6 · 10 ⁷ Дж / кг P 6—m = 10 кг P 7—η = 0,25 P Д—И=0 (так как определяем v) Вычислить скорость v Результат вычисления: v = 24,13 м/с	27750 П 1 Сх ВП 5 П 3 4,6 ВП 7 П 5 10 П 6 0,25 П 7 0 П Д С/П	27750. 100000. 4600000. 10. 25. -01 0. 24.130434.
6			

Программа 23.2.А

алг программа 23.2.А (вещ N, l, q, m, η, v)

арг N, l, q, m, η

рез v

нач

$$v := \frac{Nl}{\eta qm}$$

кон

15. Определить КПД идеальной тепловой машины, если температура холодильника T_2 , а нагревателя T_1 .

16. Определить КПД идеальной тепловой машины, если рабочее тело получает от нагревателя количество теплоты, равное Q_1 , а отдает холодильнику Q_2 .

Математическое описание задач 15, 16

$$\eta = \frac{A}{Q_1},$$

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Расчетные формулы

$$15. \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}. \quad 16. \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Программа 23.3			Инструкция к программе 23.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 1	61	1	Включить ПМК	
01	ИП 2	62	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	—	11	3	Ввести программу	
03	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
04	÷	13	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—T ₁ или Q ₁ P 2—T ₂ или Q ₂	
05	С/П	50		Вычислить η	(T ₁ или Q ₁) П 1
06	БП	51		Для нового счета вернуться к п.5	(T ₂ или Q ₂) П 2
07	00	00	6		C/P

Время вычисления—2 с

Контрольная задача к программе 23.3

17. Газ совершил цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в 3 раза выше абсолютной температуры холодильника. Определить КПД машины.

Решение

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

$$\eta = \frac{3T - T}{3T}, \quad \eta = \frac{3 - 1}{3} \approx 0,67.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 23.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 23.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1-T ₁ =3T ₂ P 2-T ₂	3 П 1 1 П 2 Вычислить η Результат вычисления: η ≈ 0,67	3. 1. C/P 6.666667 -01
6			

Программа 23.3.А

```
алг программа 23.3.А (вещ T1, T2, η)
арг T1, T2
рез η
```

нач

$$\eta := \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

кон

18. С какой скоростью v должно двигаться тело, чтобы при ударе о препятствие оно расплавилось? После столкновения скорость тела равна нулю. Удельная теплоемкость тела равна c , удельная теплота плавления λ , температура плавления T_2 , температура тела до столкновения T_1 .

Математическое описание задачи 18

$$Q = \eta \Delta E;$$

$$Q = mc\Delta t + m\lambda;$$

$$\Delta E_{\text{п}} = 0; \Delta E = \Delta E_{\text{к}}; \Delta E_{\text{к}} = \frac{mv^2}{2};$$

$$\eta = \frac{mv^2}{2} = mc(T_2 - T_1) + m\lambda.$$

Расчетная формула

$$18. v = \sqrt{\frac{2(c(T_2 - T_1) + \lambda)}{\eta}}.$$

Программа 23.4			Инструкция к программе 23.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	-	11	1	Включить ПМК	
01	ИП С	6C	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	х	12	3	Ввести программу	
03	ИП В	6L			
04	+	10	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП А	6-	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A-η P B-λ P C-c	
06	÷	13			
07	2	02			
08	х	12			
09	FV	21	6	Ввести в стек T ₂ и T ₁	
10	C/P	50	7	Вычислить v Для нового счета вернуться к п.5	
11	БП	51			
12	00	00			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 23.4

19. С какой скоростью свинцовая пуля должна удариться о броню, чтобы расплываться, если до удара температура пули была 100 °C? Считать, что при ударе во внутреннюю энергию превращается 60% энергии пули, конечная скорость пули равна нулю, теплообмен при взаимодействии отсутствует.

Решение

$$v = \sqrt{\frac{2(c(T_2 - T_1) + \lambda)}{\eta}},$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (130 \cdot (600 - 373) + 3 \cdot 10^4)}{0,6}} \approx 445 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 23.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4			
5	См. инструкцию к программе 23.4 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р А - $\eta = 0.6$ Р В - $\lambda = 30000 \text{ Дж/кг}$ Р С - $c = 130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	0.6 П А 3 ВП 4 ПВ 130 П С 600 ↑ 373 С/П	6. -01 30000. 130. 373. 445.38373
6	Ввести в стек $T_2 = 600 \text{ К}$ и $T_1 = 373 \text{ К}$		
7	Вычислить v Результат вычисления: $v \approx 445 \text{ м/с}$		

Программа 23.4.А

алг программа 23.4.А (вещ $\eta, \lambda, c, T_1, T_2, v$)

арг $\eta, \lambda, c, T_1, T_2$

рез v

нач

$$v := \sqrt{\frac{2(c(T_2 - T_1) + \lambda)}{\eta}}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 23.1–23.4: Р., № 561, 563, 568, 572, 574, 576, 587, 590, 592–597.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

ГЛАВА 7. ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

§ 24. Закон Кулона. Напряженность электрического поля

Два заряда q_1 и q_2 , расположенные на расстоянии R друг от друга, взаимодействуют в среде, диэлектрическая проницаемость которой ϵ , с силой F . Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$. Определить значения величин по известным данным:

1. F по известным R, q_1, q_2, ϵ .
2. R по известным F, q_1, q_2, ϵ .
3. q_1 по известным F, R, q_2, ϵ .
4. ϵ по известным F, R, q_1, q_2 .

Математическое описание задач 1–4

Закон Кулона:

$$F = \frac{k}{\epsilon} \frac{q_1 q_2}{R^2}.$$

Расчетные формулы

$$\begin{aligned} 1. F &= \frac{k}{\epsilon} \frac{q_1 q_2}{R^2}. & 2. R &= \sqrt{\frac{k}{\epsilon} \frac{q_1 q_2}{F}}. \\ 3. q_1 &= \frac{\epsilon F R^2}{k q_2}. & 4. \epsilon &= \frac{k q_1 q_2}{F R^2}. \end{aligned}$$

Программа 24.1			Инструкция к программе 24.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	B/0 С/П
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 – q_1 Р 2 – q_2 Р 3 – ϵ Р 4 – F Р 5 – R РД – И	(q ₁) П 1 (q ₂) П 2 (ϵ) П 3 (F) П 4 (R) П 5 (И) П Д
06	ИП 6	66			
07	С/П	50			
08	9	09			
09	ВП	0C			
10	9	09			
11	ИП 1	61			
12	ИП 2	62		И=1 для задач 1, 4	
13	х	12		И=0 для задачи 2	
14	х	12		И=-1 для задачи 3	
15	ИП 3	63	6	Вычислить искомую величину	C/П
16	ИП 4	64		Для нового счета вернуться к п.5	
17	ИП 5	65			
18	F x ²	22			
19	х	12			
20	х	12			
21	÷	13			
22	П 6	46			
23	ИП Д	6Г			
24	F x=0	5Е			
25	29	29			
26	ИП 6	66			
27	F √	21			
28	П 6	46			
29	ИП Д	6Г			
30	F x<0	5С			
31	00	00			
32	ИП 6	66			
33	F 1/x	23			
34	П 6	46			
35	БП	51			
36	00	00			

Время вычисления – 8 с

Контрольная задача к программе 24.1

5. Сколько электронов помещается на двух пылинках, если на расстоянии 3 см друг от друга в воздухе они отталкиваются с силой 10^{-19} Н?

Решение

$$F = \frac{|q_1| |q_2|}{4\pi\epsilon_0 er^2};$$

$$|q_1| = |q_2| = |q|;$$

$$|q| = \sqrt{4\pi\epsilon_0 er^2 F};$$

$$N = \frac{|q|}{|e|} = \frac{r\sqrt{4\pi\epsilon_0 eF}}{|e|},$$

$$N = \frac{3 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{-19}}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,25 \cdot 10^2.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 24.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 24.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 3-ε = 1.00059 Р 4-F = 10 ⁻¹⁹ Н Р 5-R = 3 · 10 ⁻² м Р Д-И = -1	Сх ВП /-/ 19 П 4	1.00059 П 3 0.03 П 5 1/-/ П Д
6	Вычислить q_1q_2		1.00059
7	Вычислить N Результат вычисления: $N = 625$	$F \sqrt{1.6 \text{ ВП} /-/}$	-32 625.18431

Программа 24.1.А

алг программа 24.1.А (вещ R, ϵ, F, e, N)

арг R, ϵ, F, e

рез N

нач вещ k

$k := 9 \cdot 10^9$

$$N := \frac{R}{e} \sqrt{\frac{Fe}{k}}$$

кон

Напряженность поля равна E на расстоянии R от точечного заряда q . Диэлектрическая проницаемость среды ϵ . Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Определить значения величин по известным данным:

6. E по известным R, q, ϵ .

7. R по известным E, q, ϵ .

8. q по известным E, R, ϵ .

9. ϵ по известным E, R, q .

Математическое описание задач 6-9

$$E = \frac{F}{q_1}; \quad F = \frac{k}{\epsilon} \frac{q_1 q_2}{R^2}; \quad E = \frac{k}{\epsilon} \frac{q}{R^2}.$$

Расчетные формулы

$$6. E = \frac{k}{\epsilon} \frac{q}{R^2}. \quad 7. R = \sqrt{\frac{k}{\epsilon} \frac{q}{E}}. \quad 8. q = \frac{\epsilon E R^2}{k}. \quad 9. \epsilon = \frac{k}{E} \frac{q}{R^2}.$$

Программа 24.2			Инструкция к программе 24.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П А	4-	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П В	4L			
04	П С	4C	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	ИП 9	69	5	Ввести начальные данные в регистры памяти	B/0 С/П
06	С/П	50			
07	9	09			
08	ВП	0C			
09	9	09			
10	ИП0	60			
11	x	12			
12	ИП А	6-			
13	ИП В	6L	6	I=1 для задач 6, 9 I=0 для задачи 7 I=-1 для задачи 8	C/П
14	ИП С	6C		Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п.5	
15	F x ²	22			
16	x	12			
17	x	12			
18	÷	13			
19	П 9	49			
20	ИП Д	61			
21	F x=0	5E			
22	26	26			
23	ИП 9	69			
24	F √	21			
25	П 9	49			
26	ИП Д	6Г			
27	F x<0	5C			
28	00	00			
29	ИП 9	69			
30	F 1/x	23			
31	П 9	49			
32	ВП	51			
33	00	00			

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 24.2

10. Какова напряженность электрического поля в точке, отстоящей на расстоянии 10 см от точечного заряда, значение которого равно 10^{-8} Кл? Диэлектрическая проницаемость среды $\epsilon = 2$.

Решение

$$E = \frac{k}{\epsilon} \frac{q}{R^2},$$

$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \Phi/\text{м} \cdot 10^{-8} \text{ Кл}}{2 \cdot 0,1 \text{ м}^2} = 4,5 \cdot 10^3 \text{ В/м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 24.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 24.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 – $q = 10^{-8}$ Кл Р А – $\epsilon = 2$ Р С – $R = 0,1$ м Р Д – И = 1	Сх ВП /-/ 8 П 0 2 П А 0,1 П С 1 П Д С/П	1. -08 2. 1. -01 1. 4500.
6	Вычислить Е Результат вычисления: $E = 4500$ В/м		

Программа 24.2.А

алг программа 24.2.А (вещ q , ϵ , R , E)

арг q , ϵ , R
рез E

нач вещ k

$k := 9 \cdot 10^9$

$E := \frac{k}{\epsilon} \frac{q}{R}$

кон

11. Два тела с зарядами q_1 и q_2 находятся на расстоянии R друг от друга. На каком расстоянии x от второго тела на линии, соединяющей эти тела, надо поместить третье тело с зарядом q_3 , чтобы оно оказалось в равновесии? Массами тел пренебречь.

Математическое описание задачи 11

$$F_1 = \frac{k |q_1| |q_2|}{(k-x)^2};$$

$$F_2 = \frac{k |q_2| |q_3|}{x^2};$$

$$F_1 = F_2;$$

$$x = \frac{R \sqrt{|q_2|}}{\sqrt{|q_1|} + \sqrt{|q_2|}} R.$$

Расчетная формула

$$11. x = \frac{R \sqrt{|q_2|}}{\sqrt{|q_1|} + \sqrt{|q_2|}}.$$

Программа 24.3			Инструкция к программе 24.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	ИП 2	62	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	F √	21	3	Ввести программу	По тексту программы
03	↑	0E			
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
05	F √	21	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 – R Р 1 – $ q_1 $ Р 2 – $ q_2 $	(R) П 0 (q ₁) П 1 (q ₂) П 2
06	+	10	6	Вычислить x	C/П
07	÷	13		Для нового счета вернуться к п.5	
08	×	12			
09	С/П	50			
10	БП	51			
11	00	00			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 24.3

12. Два тела с зарядами 1,67 нКл и 3,33 нКл находятся на расстоянии 20 см друг от друга. Где на линии, соединяющей эти тела, надо поместить третье тело с зарядом 0,67 нКл, чтобы оно оказалось в равновесии? Массами тел пренебречь.

Решение

$$x = \frac{R \sqrt{|q_2|}}{\sqrt{|q_1|} + \sqrt{|q_2|}},$$

$$x = \frac{0,2 \text{ м} \cdot \sqrt{3,33 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}}{\sqrt{1,67 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}} + \sqrt{3,33 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}} \approx 0,12 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 24.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 24.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: $R = 0.2 \text{ м}$ $q_1 = 1.67 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ $q_2 = 3.33 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$	0.2 П 0 167 ВП /-/ 11 П 1 333 ВП /-/ 11 П 2 С/П	2. -01 1.67 -09 3.33 -09 1.1708452 -01
6	Вычислить x Результат вычисления: $x = 0.117 \text{ м}$		

Программа 24.3.А

алг программа 24.3.А (вещ R, q_2, q_1, x)

арг R, q_2, q_1

рез x

нач

$$x := R \frac{\sqrt{q_2}}{\sqrt{q_1} + \sqrt{q_2}}$$

кон

13. Напряженность поля \vec{E} в точке A создается двумя точечными зарядами. Известны \vec{E}_1, \vec{E}_2 , а также угол α между ними. Определить $|\vec{E}|$ и угол β между \vec{E}_1 и \vec{E} .

Математическое описание задачи 13

По теореме косинусов

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha}.$$

По теореме синусов

$$\beta = \arcsin \frac{E_2}{E} \sin \alpha.$$

Расчетные формулы

13. $|\vec{E}| = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha};$

$$\beta = \arcsin \frac{E_2}{E} \sin \alpha.$$

Программа 24.4 дается аналогично программе 1.1, где следует заменить величину v_1 на E_1 , v_2 на E_2 . Для задачи 13 индекс И=1.

Контрольная задача к программе 24.4

14. Определить напряженность поля, являющуюся результатом суперпозиции двух полей, напряженности которых $E_1 = 1000 \text{ В/м}$ и $E_2 = 2000 \text{ В/м}$; угол между \vec{E}_2 и \vec{E}_1 равен 60° .

Решение

$$|\vec{E}| = \sqrt{E_2^2 + E_1^2 + 2E_2E_1\cos\alpha},$$

$$|\vec{E}| = \sqrt{(2000 \text{ В/м})^2 + (1000 \text{ В/м})^2 + 2 \cdot 2000 \text{ В/м} \cdot 1000 \text{ В/м} \cos 60^\circ} \approx 2600 \text{ В/м};$$

$$\beta = \arcsin \frac{E_2}{E} \sin \alpha,$$

$$\beta = \arcsin \frac{2000 \text{ В/м}}{2600 \text{ В/м}} \cdot \sin 60^\circ \approx 40^\circ.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 24.4 (1.1)

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 24.4 (1.1) Ввести начальные данные в регистры памяти: $E_1 = 1000 \text{ В/м}$ $E_2 = 2000 \text{ В/м}$ $\alpha = 60^\circ$	1000 П 1 1 П Д	1000. 1.
6	И=1 Ввести в стек $\alpha = 60^\circ$	2000 ↑ 60	60.
7	Перевести переключатель Р-Г в положение Г		
8	Вычислить $ \vec{E} $	С/П	2645.7513
9	Вычислить β Результат вычислений: $E \approx 2646 \text{ В/м};$ $\beta \approx 41^\circ$	С/П	40.893397

Программа 24.4.А

алг программа 24.4.А (вещ $E_1, E_2, E, \alpha, \beta$)

арг E_1, E_2, α

рез E, β

нач

$$E := \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2\cos\alpha}$$

$$\beta := \arcsin \frac{E_2}{E} \sin \alpha$$

кон

15. Два одинаковых шарика, массой m каждый, подвешены на нитях длиной r (рис. 26). После того как шарикам сообщили одинаковые заряды, они разошлись на расстояние l . Определить заряды шариков q . Диэлектрическая проницаемость среды ϵ .

Математическое описание задачи 15

$$\begin{aligned}m\vec{g} + \vec{T} + \vec{F} &= 0; \\-\bar{T} \sin \alpha + F &= 0; \\T \cos \alpha - mg &= 0; \\F &= \frac{k}{r} - \frac{q^2}{l^2};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T \sin \alpha &= kq^2 / (el^2); \\T \cos \alpha &= mg; \\q &= l \sqrt{\frac{elm}{2kr}}.\end{aligned}$$

Расчетная формула

$$15. q = l \sqrt{\frac{elm}{2kr}}.$$

Программа 24.5			Инструкция к программе 24.5		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 1	61	1	Включить ПМК	
01	↑	0E	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	F x ²	22	3	Ввести программу	По тексту программы
03	x	12			
04	ИП 2	62	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/O
05	ИП 3	63	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	ИП 4	64		P 1 - l	(l) П 1
07	x	12		P 2 - m	(m) П 2
08	x	12		P 3 - g	(g) П 3
09	x	12		P 4 - ε	(ε) П 4
10	1	01		P 5 - r	(r) П 5
11	8	08	6	Вычислить искомую величину	C/P
12	ВП	0C		Для нового счета вернуться к п. 5	
13	9	09			
14	ИП 5	65			
15	x	12			
16	÷	13			
17	FV	21			
18	С/П	50			
19	БП	51			
20	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 24.5

16. Два одинаковых небольших шарика, массой 0,1 г каждый, подвешены на нитях длиной 25 см. После того как шарикам были сообщены одинаковые заряды, они разошлись на расстояние 5 см. Определить заряды шариков.

Решение

$$q = l \sqrt{\frac{\epsilon_0 mg}{2kr}},$$

$$q = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м} \sqrt{\frac{1 \cdot 0,05 \text{ м} \cdot 10^{-4} \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2}{2 \cdot 9 \cdot 10^9 \text{ Н/м} \cdot 0,25 \text{ м}}} \approx 5,2 \text{ нКл.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 24.5

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 24.5 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 - l = 0.05 м P 2 - m = 10 ⁻⁴ кг P 3 - g = 9.81 м/с ² P 4 - ε = 1 P 5 - r = 0.25 м	Cx ВП / - / 4 П 2 9.81 П 3 1 П 4 0.25 П 5 C/P	0.05 П 1 1. -04 9.81 1. 2.5 -01 5.2201532-09
6	Вычислить q Результат вычисления: q ≈ 52 нКл		

Программа 24.5.А

алг программа 24.5.А (вещ l, ε, m, g, r, q)

арг l, ε, m, g, r

рез q

нач вещ k

k := 18 · 10⁹

q := $\sqrt{l^3 \frac{\epsilon_0 mq}{kr}}$

кон

17. Электрон влетает со скоростью v_0 в плоский горизонтально расположенный конденсатор параллельно его пластинам (рис. 27). Длина конденсатора l , напряженность поля E . Найти модуль и направление скорости электрона в момент вылета его из конденсатора, а также значение его отклонения h . Силой тяжести, действующей на электрон, пренебречь.

Математическое описание задачи 17

$$ma = \vec{F};$$

$$\vec{F} = e\vec{E}; \quad a_{\text{ц}} = \frac{eE}{m};$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}; \quad v_x = v_0.$$

Расчетные формулы

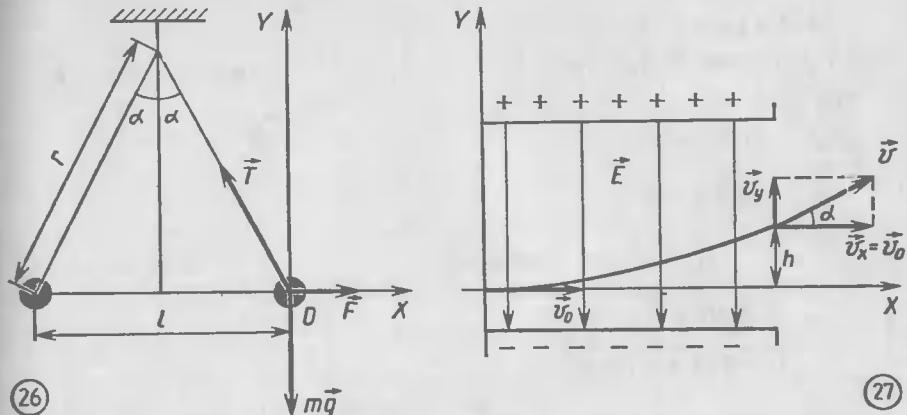
$$17. \quad h = \frac{eEl^2}{2mv_0^2}; \quad \alpha = \arctg \frac{2h}{l}; \quad v = \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{l}\right)^2} v_0.$$

Программа 24.6			Инструкция к программе 24.6		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	8	08	1	Включить ПМК	
01	8	08	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	ВП	0C	3	Ввести программу	По тексту программы
03	9	09			F АВТ В/О
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 2	62	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	F x ²	22		P 1 - E	(E) П 1
07	x	12		P 2 - l	(l) П 2
08	x	12		P 3 - v ₀	(v ₀) П 3
09	ИП 3	63	6	Вычислить h	C/П
10	F x ²	22	7	Вычислить α	C/П
11	÷	13			
12	C/П	50	8	Вычислить v	C/П
13	ИП 2	62		Для нового счета вернуться к п. 5	
14	2	02			
15	÷	13			
16	÷	13			
17	П 4	44			
18	F arctg	1L			
19	C/П	50			
20	ИП 4	64			
21	F x ²	22			
22	1	01			
23	+	10			
24	Fy/	21			
25	ИП 3	63			
26	x	12			
27	C/П	50			
28	БП	51			
29	00	00			

Время вычисления – 6 с

Контрольная задача к программе 24.6

18. Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью 10^7 м/с. Длина пластин конденсатора



5 см, напряженность поля 100 В/м. Найти модуль и направление скорости электрона при его вылете из конденсатора. На сколько отклонится электрон от первоначального направления?

Решение

$$h = \frac{eEl^2}{2mv_0^2},$$

$$h = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 100 \text{ В/м} \cdot (0,05 \text{ м})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (10^7 \text{ м/с})^2} \approx 0,022 \text{ м};$$

$$\alpha = \arctg \frac{2h}{l}, \quad \alpha = \arctg \frac{2 \cdot 0,022 \text{ м}}{0,05 \text{ м}} \approx 42^\circ;$$

$$v = \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{l}\right)^2} v_0, \quad v = \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 0,002 \text{ м}}{0,05 \text{ м}}\right)^2} \cdot 10^7 \text{ м/с} \approx 1,3 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 24.6

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 24.6		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 - E = 10^4 В/м P 2 - l = 0,05 м P 3 - v ₀ = 10^7 м/с	10000 П 1 0,05 П 2 Сх ВП 7 П 3 C/П	10000. 5. –02 10000000. 2,2 –02
6	Вычислить h		
7	Вычислить α (переключатель Р – Г должен находиться в положении Г)		
8	Вычислить v Результат вычислений: $h \approx 0,022$ м; $\alpha \approx 41^\circ 20'$; $v \approx 1,33 \cdot 10^7$ м/с	C/П	41.34778 13320660.

Программа 24.6.А

алг программа 24.6.А (вещ E , l , v_0 , h , α , v)

арг E , l , v_0
рез h , α , v

нач вещ k

$$k := 8.8 \cdot 10^{10}$$

$$h := \frac{keI}{v_0^2}$$

$$\alpha := \operatorname{arctg} \frac{2h}{l}$$

$$v := v_0 \sqrt{1 + (\operatorname{tg} \alpha)^2}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 24.1–24.6: Р., № 678–689, 694–703.

§ 25. Работа электрического поля при перемещении заряда.

Разность потенциалов

Тело зарядом q и массой m попадает в поле, разность потенциалов которого $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. При этом его скорость изменяется на $\Delta v = v - v_0$. Определить значения величин по известным данным:

1. m по известным q , $\Delta\varphi$, Δv .
2. q по известным m , $\Delta\varphi$, Δv .
3. $\Delta\varphi$ по известным m , q , Δv .
4. Δv по известным m , q , $\Delta\varphi$.

Тело зарядом q попадает в поле, разность потенциалов которого $\Delta\varphi$. При этом поле совершают работу ΔA . Определить значения величин по известным данным:

5. q по известным $\Delta\varphi$, ΔA .
6. $\Delta\varphi$ по известным q , ΔA .
7. ΔA по известным q , $\Delta\varphi$.

Математическое описание задач 1–7

Согласно закону сохранения энергии

$$-\varphi_1 q + \frac{mv_0^2}{2} = -\varphi_0 q + \frac{mv^2}{2};$$

$$\frac{m(v - v_0)^2}{2} = q(\varphi_2 - \varphi_1);$$

$$\Delta v = v - v_0;$$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1;$$

$$\Delta A = \Delta E_k;$$

$$\frac{m\Delta v^2}{2} = q\Delta\varphi; \quad \Delta A = q\Delta\varphi.$$

Расчетные формулы

1. $m = \frac{2q\Delta\varphi}{\Delta v^2}$.
2. $q = \frac{m\Delta v^2}{2\Delta\varphi}$.
3. $\Delta\varphi = \frac{m\Delta v^2}{2q}$.
4. $\Delta v = \frac{\sqrt{2q\Delta\varphi}}{m}$.
5. $q = \frac{\Delta A}{\Delta\varphi}$.
6. $\Delta\varphi = \frac{\Delta A}{q}$.
7. $\Delta A = q\Delta\varphi$.

Программа 25.1			Инструкция к программе 25.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	B/0 С/П
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – q P 2 – Δφ P 3 – Δv P 4 – m P 5 – ΔA P Д – И	(q) П 1 (Δφ) П 2 (Δv) П 3 (m) П 4 (ΔA) П 5 (П) П Д
06	ИП 6	66		I=1 для задач 2, 3, 5, 6	
07	С/П	50		I=-1 для задачи 4	
08	2	02		Вычислить искомую величину	
09	ИП 1	61		Для нового счета вернуться	
10	ИП 2	62		к п. 5	
11	x	12			
12	x	12			
13	ИП 5	65	6		C/П
14	ИП 4	64			
15	ИП 3	63			
16	F x ²	22			
17	x	12			
18	x	12			
19	÷	13			
20	П 6	46			
21	ИП Д	6Г			
22	F x=0	5Е			
23	27	27			
24	ИП 6	66			
25	F 1/x	23			
26	П 6	46			
27	ИП Д	6Г			
28	F x<0	5C			
29	00	00			
30	ИП 6	66			
31	F√	21			
32	П 6	46			
33	БП	51			
34	00	00			

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 25.1

8. Электрон движется по направлению силовой линии однородного электрического поля из точки, потенциал которой 10 кВ. Определить потенциал точки, в которой скорость электрона равна нулю, если его начальная скорость $3 \cdot 10^7$ м/с.

Решение

$$\Delta v = v_0;$$

$$\Delta\varphi = \frac{m\Delta v^2}{2q},$$

$$\Delta\varphi = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} (3 \cdot 10^7 \text{ м/с})^2}{-2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} \approx -2600 \text{ В};$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 + \Delta\varphi, \varphi_2 \approx 7400 \text{ В.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 25.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 25.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 - $q = e = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл Р 3 - $\Delta v = v_0 = 3 \cdot 10^7$ м/с Р 4 - $m = m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг Р Д - И = 0	16 / - ВП / -/ 20 П 1 3 ВП 7 П 3 91 ВП / -/ 32 П 4 0 П Д С/П 10000 +	-1.6 -19 30000000. 9.1 -31 0. -2559.375 7440.625
6	Вычислить $\Delta\varphi$		
7	Определить $\varphi_2 = \varphi_1 + \Delta\varphi$ Результат вычисления: $\varphi_2 \approx 7440$ В		

Программа 25.1.А

```
алг программа 25.1.А (вещ m, q,  $\Delta v$ ,  $\Delta\varphi$ )
арг m, q,  $\Delta v$ 
рез  $\Delta\varphi$ 
```

нач

$$\Delta\varphi := \frac{m\Delta v^2}{2q}$$

кон

9. Два шарика с зарядами q_1 и q_2 находятся на расстоянии r_1 друг от друга. Какую работу A надо совершить, чтобы сблизить их до расстояния r_2 ? Диэлектрическая проницаемость среды ϵ .

Математическое описание задачи 9

$$A = q_2 (\varphi_2 - \varphi_1) \quad (\text{считаем } q_1 \text{ неподвижным});$$

$$\varphi_1 = \frac{kq_1}{\epsilon r_1};$$

$$\varphi_2 = \frac{kq_1}{\epsilon r_2}.$$

Расчетная формула

$$9. A = \frac{kq_1q_2(r_1 - r_2)}{\epsilon r_1 r_2}.$$

Программа 25.2			Инструкция к программе 25.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	9	09	1	Включить ПМК	
01	ВП	0C	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	9	09	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП 1	61			F АВТ
04	ИП 2	62			B/0
05	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	
			5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1 - q_1 Р 2 - q_2 Р 3 - r_1 Р 4 - r_2 Р 5 - ϵ	(q_1) П 1 (q_2) П 2 (r_1) П 3 (r_2) П 4 (ϵ) П 5
06	x	12			C/П
07	ИП 3	63			
08	ИП 4	64			
09	-	11			
10	x	12			
11	ИП 3	63	6	Вычислить A	
12	ИП 4	64		Для нового счета вернуться к п. 5	
13	ИП 5	65			
14	x	12			
15	x	12			
16	÷	13			
17	C/П	50			
18	БП	51			
19	00	00			

Время вычисления – 4 с

Контрольная задача к программе 25.2

10. Два шарика с зарядами 6,7 нКл и 13,3 нКл находятся в керосине на расстоянии 40 см друг от друга. Какую работу нужно совершить, чтобы сблизить их до расстояния 25 см?

Решение

$$A = \frac{kq_1q_2(r_1 - r_2)}{\epsilon r_1 r_2},$$

$$A = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ м/Ф} \cdot 6,7 \cdot 10^9 \text{ Кл} \cdot 13,3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot (0,4 \text{ м} - 0,25 \text{ м})}{2 \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 0,25 \text{ м}} \approx 0,6 \text{ мкДж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 25.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 25.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1– $q_1 = 6.7 \cdot 10^{-9}$ Кл Р 2– $q_2 = 13.3 \cdot 10^{-9}$ Кл	6.7 ВП /–/ 9 П 1 13.3 ВП /–/ 9 П 2 0.4 П 3 0.25 П 4 2 П 5 С/П	6.7 –09 1.33 –08 4. –01 2.5 –01 2. 6.014925 –07
6	Вычислить A Результат вычисления: $A = 6 \cdot 10^{-7}$ Дж		

Программа 25.2.А

алг программа 25.2.А (вещ $q_1, q_2, r_1, r_2, \varepsilon, A$)

арг $q_1, q_2, r_1, r_2, \varepsilon$

рез A

нач вещ k

$$k := 9 \cdot 10^9$$

$$A := \frac{kq_1q_2(r_1 - r_2)}{\varepsilon r_1 r_2}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 25.1–25.2: Р., № 731–736, 742–743.

§ 26. Электроемкость конденсатора. Энергия электрического поля

Конденсатор зарядом q и электроемкостью C имеет разность потенциалов между обкладками $\Delta\varphi = U$. Определить значения величин по известным данным:

1. C по известным U и q .
2. U по известным C и q .
3. q по известным C и U .

Электроемкость плоского конденсатора C , диэлектрическая проницаемость среды между обкладками ε , площадь обкладок S , а расстояние между ними d . Электрическая постоянная ε_0 . Определить значения величин по известным данным:

4. C по известным $S, d, \varepsilon, \varepsilon_0$.
5. S по известным $C, d, \varepsilon, \varepsilon_0$.
6. d по известным $C, S, \varepsilon, \varepsilon_0$.

7. ε по известным C, S, d, ε_0 .

Заряд плоского конденсатора q , диэлектрическая проницаемость среды между его обкладками ε , площадь обкладок S , расстояние между ними d , разность потенциалов U , электрическая постоянная ε_0 . Определить значения величин по известным данным:

8. q по известным $U, S, d, \varepsilon, \varepsilon_0$.

9. U по известным $q, S, d, \varepsilon, \varepsilon_0$.

10. S по известным $q, U, d, \varepsilon, \varepsilon_0$.

11. d по известным $q, U, S, \varepsilon, \varepsilon_0$.

12. ε по известным $q, U, S, d, \varepsilon_0$.

Математическое описание задач 1–12

$$C = \frac{q}{U};$$

$$q = ES\varepsilon_0;$$

$$U = dE;$$

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d};$$

$$\frac{q}{U} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}.$$

Расчетные формулы

$$1. C = q/U. \quad 2. U = q/C. \quad 3. q = UC. \quad 4. C = \varepsilon_0 \varepsilon S/d. \quad 5. S = \frac{Cd}{\varepsilon_0 \varepsilon}.$$

$$6. d = \varepsilon_0 \varepsilon S/C. \quad 7. \varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S}. \quad 8. q = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon SU}{d}. \quad 9. U = \frac{qd}{\varepsilon_0 \varepsilon S}.$$

$$10. S = \frac{qd}{\varepsilon_0 \varepsilon U}. \quad 11. d = \varepsilon_0 \varepsilon SU/q. \quad 12. \varepsilon = \frac{qd}{\varepsilon_0 SU}.$$

Программа 26.1			Инструкция к программе 26.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	
03	П 3	43			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	П 6	46		$P 1 - \varepsilon_0$	(ε_0) П 1
07	П 7	47		$P 2 - \varepsilon$	(ε) П 2

Продолжение

Программа 26.1			Инструкция к программе 26.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
08	П 8	48		P 3 - U	(U) П 3
09	ИП 9	69		P 4 - S	(S) П 4
10	С/П	50		P 5 - d	(d) П 5
11	ИП 1	61		P 6 - q	(q) П 6
12	ИП 2	62		P 7 - C для задач 2, 3	(C) П 7 или (C) П 8
13	ИП 3	63		P 8 - C для задач 5, 6, 7	
14	ИП 4	64			
15	x	12			
16	x	12		P Д - И	(И) П Д
17	x	12		И=0 для задач 3, 4, 6, 8, 11	
18	ИП 5	65		И=1 для задач 1, 2, 5, 7, 9, 10, 12	
19	ИП 6	66	6	Вычислить искомую величину	С/П
20	ИП 7	67		Для нового счета вернуться к п. 5	
21	÷	13			
22	×	12			
23	÷	13			
24	ИП 8	68			
25	÷	13			
26	П 9	49			
27	ИП Д	6Г			
28	F x≠0	57			
29	00	00			
30	ИП 9	69			
31	F 1/x	23			
32	П 9	49			
33	БП	51			
34	00	00			

Время вычисления — 7 с

Контрольная задача к программе 26.1

13. Площадь пластины плоского воздушного конденсатора $S = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, разность потенциалов между его пластинами U равна 90 В, заряд на обкладках $q = 1 \text{ нКл}$. Определить расстояние между пластинами конденсатора.

Решение

$$d = US\epsilon_0\epsilon/q,$$

$$d = 90 \cdot 1 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi/\text{м} \cdot 1/10^{-9} \text{ Кл} \approx 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 26.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 26.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P 1 - \epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi/\text{м}$ $P 2 - \epsilon = 1$ $P 3 - U = 90 \text{ В}$ $P 4 - S = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ $P 6 - q = 10^{-9} \text{ Кл}$ $P D - I = 0$ Вычислить d Результат вычисления: $d \approx 4,78 \text{ мм}$	885 ВП /-/ 14 П 1 1 П 2 90 П 3 0.006 П 4 Сх ВП /-/ 9 П 6 0 П Д С/П	8.85 -12 1. 90. 6. -03 1. -09 0. 4.779 -03
6			

Программа 26.1.А

алг программа 26.1.А (вещ $\epsilon_0, \epsilon, U, S, q, d$)

арг $\epsilon_0, \epsilon, U, S, q$

рез d

нач

$$d := US\epsilon_0\epsilon/q$$

кон

Энергия электрического поля конденсатора W , его электроемкость C , заряд q . Определить значения величин по известным данным:

14. W по известным C и q .

15. C по известным W и q .

16. q по известным W и C .

Энергия электрического поля конденсатора W , заряженного до напряжения U . Электроемкость конденсатора C . Определить значения величин по известным данным:

17. W по известным C и U .

18. C по известным W и U .

19. U по известным W и C .

Энергия электрического поля плоского конденсатора W . Площадь обкладок конденсатора S , расстояние между ними d , диэлектрическая проницаемость среды между обкладками ϵ . Напряженность электрического поля конденсатора E . Электрическая постоянная ϵ_0 . Определить значения величин по известным данным:

20. W по известным $E, S, d, \epsilon, \epsilon_0$.

21. E по известным $W, S, d, \epsilon, \epsilon_0$.

22. S по известным $W, E, \epsilon, d, \epsilon_0$.

23. d по известным $W, E, S, \varepsilon, \varepsilon_0$.24. ε по известным $W, E, S, d, \varepsilon_0$.

Электрическое поле обладает объемной плотностью энергии w и напряженностью E . Диэлектрическая проницаемость среды ε . Электрическая постоянная ε_0 . Определить значения величин по известным данным:

25. w по известным $E, \varepsilon, \varepsilon_0$.26. E по известным $w, \varepsilon, \varepsilon_0$.27. ε по известным w, E, ε_0 .

Математическое описание задач 14–27

$$W = A = qU_{\text{ср}}; U_{\text{ср}} = \frac{U}{2}; W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C};$$

$$W = \frac{CU^2}{2}; C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}; U = Ed; W = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2 S d}{2};$$

$$w = \frac{W}{U}, w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}.$$

Расчетные формулы

$$14. W = \frac{q^2}{2C}. 15. C = \frac{q^2}{2W}. 16. q = \sqrt{2CW}. 17. W = \frac{CU^2}{2}.$$

$$18. C = \frac{2W}{U^2}. 19. U = \sqrt{\frac{2W}{C}}. 20. W = \varepsilon\varepsilon_0 E^2 S d / 2.$$

$$21. E = \sqrt{2W / (\varepsilon\varepsilon_0 S d)}. 22. S = 2W / (\varepsilon\varepsilon_0 d E^2). 23. d = 2W / (\varepsilon\varepsilon_0 S E^2).$$

$$24. \varepsilon = 2W / (\varepsilon_0 d S E^2). 25. w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2}. 26. E = \sqrt{\frac{2w}{\varepsilon_0 \varepsilon}}. 27. \varepsilon = \frac{2w}{\varepsilon_0 E^2}.$$

Программа 26.2			Инструкция к программе 26.2			
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	
00	1	01	1	Включить ПМК		
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы	
03	П 3	43			F ABT B/0 С/П	
04	П 4	44	4	Перейти в режим F ABT		
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – W или w P 2 – С для задач 14 или 16 P 3 – С для задач 17 или 19 P 4 – S	(W) или (w) П 1 (С) П 2 (С) П 3 (S) П 4	
06	П 6	46				
07	П 7	47				
08	П 8	48				
09	ИП 9	69				
10	С/П	50				
11	2	02				

Программа 26.2			Инструкция к программе 26.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
12	ИП 1	61		P 5 – d	(d) П 5
13	ИП 2	62		P 6 – ε	(ε) П 6
14	ИП 3	63		P 7 – ε₀	(ε₀) П 7
15	÷	13		P 8 – U, q или E	(U), (q) (или) (E) П 8 (И) П Д
16	x	12		P Д – И	
17	x	12		И=0 для задач 14, 15, 17, 20, 25	
18	ИП 4	64		И=1 для задач 18, 22, 23, 24, 27	
19	ИП 5	65		И=-1 для задач 16, 19, 21, 26	
20	x	12	6	Вычислить искомую величину	C/П
21	÷	13		Для нового счета вернуться к п. 5	
22	ИП 6	66			
23	ИП 7	67			
24	ИП 8	68			
25	F x²	22			
26	x	12			
27	x	12			
28	÷	13			
29	П 9	49			
30	ИП Д	6Г			
31	F x=0	5Е			
32	36	36			
33	ИП 9	69			
34	F 1/x	23			
35	П 9	49			
36	ИП Д	6Г			
37	F x < 0	5С			
38	00	00			
39	ИП 9	69			
40	F √	21			
41	П 9	49			
42	БП	51			
43	00	00			

Время вычисления – 9 с

Контрольная задача к программе 26.2

28. Расстояние между пластинами плоского воздушного конденсатора, присоединенного к источнику напряжения, имеющему ЭДС, равную 180 В, увеличивают от 5 мм до 12 мм. Площадь пластин конденсатора 175 см². Найти работу по раздвижению пластин, если конденсатор во время раздвижения соединен с источником.

Решение

$$A = \Delta W; E_1 = \frac{U}{d_1},$$

ГЛАВА 8. ЗАКОНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

§ 27. Последовательное и параллельное соединение проводников

1. Определить общее сопротивление R цепи для n проводников сопротивлением R_i ($i = 1 \div n$), соединенных последовательно.

2. Суммарное сопротивление последовательно соединенных n проводников равно R . Определить R_1 , если известны R_i ($i = 2 \div n$).

Математическое описание задач 1, 2

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i,$$

$$R = \sum_{i=1}^n R_i;$$

$$R_1 = R - \sum_{i=2}^n R_i.$$

Расчетные формулы

$$1. R = \sum_{i=1}^n R_i. \quad 2. R_1 = R - \sum_{i=2}^n R_i.$$

Программа 27.1			Инструкция к программе 27.1		
№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	Ск	0Г	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 1	41	3	Ввести программу	
03	ИП 9	69			
04	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 1	61	5	Если решается задача 2, ввести R в Р0	
06	+	10	6	Ввести R_i в РХ	
07	П 1	41			
08	БП	51			
09	04	04	7	Вычислить ΣR_i	
10	ИП 1	61	8	Если R_i не исчерпаны, вернуться к п. 6	
11	ИП 0	60	9	Вычислить неизвестную величину	
12	-	11		Для нового счета вернуться к п. 5	
13	F x^2	22			
14	F \sqrt{x}	21			
15	П 9	49			
16	БП	51			
17	00	00			

Время вычисления — 2 с

$$E_1 = \frac{180 \text{ В}}{0,005 \text{ м}} = 36000 \text{ В/м};$$

$$W_1 = \varepsilon \varepsilon_0 E_1^2 S d_1 / 2,$$

$$W_1 = 1 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \Phi/\text{м} \cdot (36000 \text{ В/м})^2 \cdot 0,0175 \text{ м}^2 \cdot 0,005 \text{ м} / 2 \approx 502 \text{ нДж};$$

$$E_2 = \frac{U}{d_2}, \quad E_2 = \frac{180 \text{ В}}{0,012 \text{ м}} = 15000 \text{ В/м};$$

$$W_2 = \varepsilon \varepsilon_0 S E_2^2 d_2 / 2, \quad W_2 \approx 209 \text{ нДж};$$

$$\Delta W = W_2 - W_1, \quad \Delta W = 202 \text{ нДж} - 502 \text{ нДж} \approx -293 \text{ нДж}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 26.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 26.2 Ввести начальные данные в регистры памяти для первого положения пластин: P 4-S = 0.0175 м ² P 5-d = d ₁ = 0.005 м P 7-ε ₀ = 8.85 · 10 ⁻¹² Ф/м P 8-E = E ₁ = (180 : 0.005) В/м P Д-И=0 (так как решается задача типа 20)	0.0175 П 4 0.005 П 5 885 ВИ/-/14 П 7 180000 ↑ 5 ÷ П 8	1.75 5. 8.85 36000.
6 7	Вычислить $W = W_1$ Занести W_1 в свободный регистр памяти Р 0 и перейти к п. 5	0 П Д С/П	0. 5.0179502 -07
5'	Ввести начальные данные в регистры памяти для второго положения пластин: P 4-S = 0.0175 м ² P 5-d = d ₂ = 0.012 м P 7-ε ₀ = 8.85 · 10 ⁻¹² Ф/м P 8-E = E ₂ = (180 : 0.012) В/м P Д-И=0	0.0175 П 4 0.012 П 5 885 ВП/-/14 П 7 180000 ↑ 12 ÷ П 8	1.75 1.2 8.85 15000.
6' 7'	Вычислить $W = W_2$ Определить $A = W_2 - W_1$ Результат вычисления: $A \approx -293$ нДж	0 П Д С/П ИП 0-	0. 2.0908125 -07 -2.9271377 -07

Программа 26.2.А

алг программа 26.2.А (вещ $\varepsilon, \varepsilon_0, E, S, d, W$)

арг $\varepsilon, \varepsilon_0, E, S, d$

рез W

нач

$$W := \varepsilon \varepsilon_0 E^2 S d / 2$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 26.1—26.2:
Р., № 750—756, 757—760, 763—771.

Контрольная задача к программе 27.1

3. Определить сопротивление R_x (рис. 28), если $R_1 = 200$ Ом, $R_2 = 300$ Ом, показания вольтметра 12 В, амперметра 0,02 А.

Решение

$$R = \frac{U}{I}, R = \frac{12 \text{ В}}{0,02 \text{ А}} = 600 \text{ Ом};$$

$$R_x = R - \sum_{i=1}^2 R_i,$$

$$R_x = 600 \text{ Ом} - (200 \text{ Ом} + 300 \text{ Ом}) = 100 \text{ Ом}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 27.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 27.1		
5	Решается задача типа 2		
	Ввести $R = (12 : 0,02)$ Ом в Р0	12 ÷ 0,02 ÷ П 0	600.
6	Ввести $R_1 = 200$ Ом в РХ	200	200.
7	Вычислить ΣR_i	С/П	200.
8	R_i не исчерпаны; перейти к п. 6		
6'	Ввести $R_2 = 300$ Ом в РХ	300	300.
7'	Вычислить ΣR_i	С/П	500.
8'	R_i исчерпаны		
9'	Вычислить R_x	БП 10 С/П	100.
	Результат вычисления: $R_x = 100$ Ом		

Программа 27.1.А

алг программа 27.1.А (нат n , веществ R_x, R_0 , веществ таб $R[1:n]$)

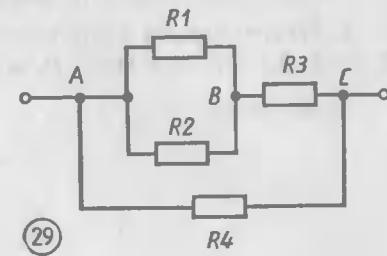
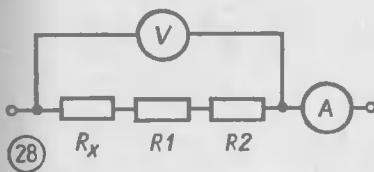
```

арг  $R_0, R$ 
рез  $R_x$ 
нач нат  $i$ , веществ  $R_c$ 
     $i := 0$ ;  $R_c := 0$ 
    пока  $i < n$ 
        иц
         $i := i + 1$ 
         $R_c := R_c + R[i]$ 
        кон
     $R_x := R - R_c$ 
кон

```

4. Определить суммарное сопротивление R для n проводников сопротивлением R_i ($i = 1 \div n$), которые соединены параллельно.

5 Суммарное сопротивление n проводников, соединенных параллельно, равно R . Определить R_1 по известным R_i ($i = 2 \div n$).



Математическое описание задач 4, 5

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}.$$

Расчетные формулы

$$4. R = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \right)^{-1}. \quad 5. R_1 = \left(\frac{1}{R} - \sum_{i=2}^n \frac{1}{R_i} \right)^{-1}.$$

Программа 27.2			Инструкция к программе 27.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	Сх	0Г	1	Включить ПМК	
01	П0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/F ПРГ
02	П 1	41	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП 9	69			F АВТ
04	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ	(R) П0
05	F1/x	23	5	Если решается задача 5, ввести R в Р0	(Ri) С/П
06	ИП 1	61			
07	+	10	6	Ввести R_i в РХ	
08	П 1	41			
09	БП	51	7	Вычислить $\sum \frac{1}{R_i}$	С/П
10	04	04	8	Если R_i исчерпаны, вернуться к п. 6	
11	ИП 0	60	9	Вычислить неизвестную величину	
12	F $x \neq 0$	57		Для нового счета вернуться к п. 5	БП 11 С/П
13	19	19			
14	ИП 0	60			
15	F1/x	23			
16	ИП 1	61			
17	-	11			
18	П 1	41			
19	ИП 1	61			
20	F1/x	23			
21	П 9	49			
22	БП	51			
23	00	00			

Контрольная задача к программе 27.2

6. Найти полное сопротивление R цепи (рис. 29), если $R_1 = 4 \text{ Ом}$, $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$, $R_4 = 6 \text{ Ом}$.

Решение

$$R' = \left(\sum_{i=1}^2 \frac{1}{R_i} \right)^{-1},$$

$$R' = \left(\frac{1}{4 \text{ Ом}} + \frac{1}{12 \text{ Ом}} \right)^{-1} = 3 \text{ Ом};$$

$$R'' = R' + R_3,$$

$$R'' = 3 \text{ Ом} + 3 \text{ Ом} = 6 \text{ Ом};$$

$$R = \left(\sum_{i=1}^2 \frac{1}{R_i} \right)^{-1},$$

$$R = \left(\frac{1}{6 \text{ Ом}} + \frac{1}{6 \text{ Ом}} \right)^{-1} = 3 \text{ Ом.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 27.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 27.2		
5	Решается задача типа 4		
6	Ввести $R_i = R_1 = 4 \text{ Ом}$ в РХ	4	4.
7	Вычислить $\Sigma 1/R_i$	C/П	2.5 –01
8	R_i не исчерпаны; перейти к п. 6		
6'	Ввести $R_i = R_2 = 12 \text{ Ом}$ в РХ	12	12
7'	Вычислить $\Sigma 1/R_i$	C/П	3.3333333– 01
8'	R_i исчерпаны для участка АВ		
9	Вычислить R'		3.
10	Вычислить $R'' = R' + R_3$	БП 11 С/П 3+	6.
	Для нового счета вернуться к п. 5		
5'	Решается задача типа 4		
6"	В регистре РХ находится $R_i = R'$	C/П	1.6666666– 01
7"	Вычислить $\Sigma 1/R_i$		
8"	R_i не исчерпаны; перейти к п. 6		
6'''	Ввести $R_i = R_4 = 6 \text{ Ом}$ в РХ	6	6.
7'''	Вычислить $\Sigma 1/R_i$	C/П	3.33333332–01
8'''	R_i исчерпаны для участка АС		
9'	Вычислить R	БП 11 С/П	3.0000001
	Результат вычисления: $R = 3 \text{ Ом}$		

Программа 27.2.А

```
алг программа 27.2.А (вещ R0, nat n, вещ таб R[1÷n])
арг R
рез R0
нач nat i, вещ C
i := 0; C := 0
```

пока $i < n$

нц

$i := i + 1$

$C := C + \frac{1}{R[i]}$

кц

$R_0 := \frac{1}{C}$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 27.1–27.2:
P., № 788–790, 800–803.

§ 28. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи

Цепь состоит из источника электрического тока, ЭДС которого \mathcal{E} , внутреннее сопротивление r , и внешнего участка цепи сопротивлением R . Сила тока в цепи I . Определить значения величин по известным данным:

1. \mathcal{E} по известным I , R , r .
2. I по известным \mathcal{E} , R , r .
3. R по известным \mathcal{E} , I , r .
4. r по известным \mathcal{E} , I , R .

Математическое описание задач 1–4

Закон Ома для полной цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}.$$

Расчетные формулы

- | | |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. $\mathcal{E} = I(R + r)$. | 2. $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$. |
| 3. $R = \frac{\mathcal{E}}{I} - r$. | 4. $r = \frac{\mathcal{E}}{I} - R$. |

Программа 28.1			Инструкция к программе 28.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	2	02	1	Включить ПМК	
01	0	00	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	ИП Д	6Г	3	Ввести программу	B/O F ПРГ По тексту программы

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 28.1

Продолжение

Программа 28.1			Инструкция к программе 28.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
03	—	11	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	F x < 0	5C	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0—E P 1—I P 2—R P 3—r	(E) П 0 (I) П 1 (R) П 2 (r) П 3
05	11	11		P Д—И	(И) П Д
06	ИП 0	60			
07	ИП 1	61			
08	+	13			
09	К ПП Д	—Г			
10	С/П	50		I=16 для задачи 1	
11	ИП 2	62		I=19 для задачи 2	
12	ИП 3	63		I=23 для задачи 3	
13	+	10		I=26 для задачи 4	
14	К ПП Д	—Г	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	B/0 С/П
15	С/П	50			
16	ИП 1	61			
17	x	12			
18	B/0	52			
19	ИП 0	60			
20	↔	14			
21	÷	13			
22	B/0	52			
23	ИП 3	63			
24	—	11			
25	B/0	52			
26	ИП 2	62			
27	—	11			
28	B/0	52			

Время вычисления — 5 с

Контрольная задача к программе 28.1

5. Определить силу тока короткого замыкания I_k батареи, у которой ЭДС равна 12 В, если при ее замыкании на внешнее сопротивление, равное 4 Ом, сила тока в цепи равна 2 А.

Решение

$$r = \frac{E}{I} - R, r = \frac{12 \text{ В}}{2 \text{ А}} - 4 \text{ Ом} = 2 \text{ Ом};$$

$$I_k = \frac{E}{r}, I_k = \frac{12 \text{ В}}{2 \text{ Ом}} = 6 \text{ А.}$$

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4	См. инструкцию к программе 28.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0—E = 12 В P 1—I = 2 А P 2—R = 4 Ом P Д—И = 26	12 П 0 2 П 1 4 П 2 26 П Д B/0 С/П	12. 2. 4. 26. 2.
6	Вычислить r	ИП 0 ↔ ÷	6.
7	Вычислить I_k Результат вычисления: $I_k = 6 \text{ А}$		

Программа 28.1.А

алг программа 28.1.А (вещ X, E, I, R, r, цел И)

арг E, I, R, r, И

рез X

нач

если И=16
то X:=I(R+r)

все

если И=19
то X:=E/(R+r)

все

если И=23
то X:=E/I-r

все

если И=26
то X:=E/I-R

все

кон

6. При сопротивлении внешней цепи R_1 вольтметр, подключенный к зажимам аккумулятора, показывал напряжение U_1 , а при сопротивлении R_2 показания вольтметра U_2 . Каковы ЭДС и внутреннее сопротивление r аккумулятора? Сопротивлением вольтметра и подводящих проводов пренебречь.

Математическое описание задачи 6

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + r}, I_1 = \frac{U_1}{R_1};$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2 + r}, I_2 = \frac{U_2}{R_2};$$

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}; \quad \frac{U_2}{R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}.$$

Расчетные формулы

$$6. \mathcal{E} = \frac{U_1 U_2 (R_2 - R_1)}{U_1 R_2 - U_2 R_1};$$

$$r = \frac{(U_2 - U_1) R_1 R_2}{U_1 R_2 - U_2 R_1}.$$

Программа 28.2			Инструкция к программе 28.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 1	61	1	Включить ПМК	
01	ИП 4	64	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	x	12	3	Ввести программу	По тексту программы
03	ИП 2	62			F АВТ В/0
04	ИП 3	63	4	Перейти в режим F АВТ	
05	x	12	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	-	11		P 1 - U ₁	(U ₁) П 1
07	П 0	40		P 2 - U ₂	(U ₂) П 2
08	ИП 1	61		P 3 - R ₁	(R ₁) П 3
09	ИП 2	62		P 4 - R ₂	(R ₂) П 4
10	ИП 4	64	6	Вычислить \mathcal{E}	C/П
11	ИП 3	63	7	Вычислить r	C/П
12	-	11		Для нового счета вернуться к п. 5	
13	x	12			
14	x	12			
15	ИП 0	60			
16	-	13			
17	С/П	50			
18	ИП 4	64			
19	ИП 3	63			
20	ИП 2	62			
21	ИП 1	61			
22	-	11			
23	x	12			
24	x	12			
25	ИП 0	60			
26	-	13			
27	С/П	50			
28	БП	51			
29	00	00			

Время вычисления \mathcal{E} равно 4 с, r - 3 с

Контрольная задача к программе 28.2

7. При сопротивлении внешней цепи 1 Ом вольтметр, подключенный к зажимам аккумулятора, показывал 1,5 В, а при сопротивлении

нагрузки 2 Ом показания вольтметра оказались 2 В. Каковы ЭДС и внутреннее сопротивление аккумулятора?

Решение

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}; \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r};$$

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}; \quad \frac{U_2}{R_2} = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r};$$

$$\mathcal{E} = \frac{U_1 U_2 (R_2 - R_1)}{U_1 R_2 - U_2 R_1}; \quad \mathcal{E} = \frac{1,5 \text{ В} \cdot 2 \text{ В} \cdot (2 \text{ Ом} - 1 \text{ Ом})}{1,5 \text{ В} \cdot 2 \text{ Ом} - 2 \text{ В} \cdot 1 \text{ Ом}} = 3 \text{ В};$$

$$r = \frac{(U_2 - U_1) R_1 R_2}{U_1 R_2 - U_2 R_1}, \quad r = \frac{(2 \text{ В} - 1,5 \text{ В}) \cdot 1 \text{ Ом} \cdot 2 \text{ Ом}}{1,5 \text{ В} \cdot 2 \text{ Ом} - 2 \text{ В} \cdot 1 \text{ Ом}} = 1 \text{ Ом}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 28.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 28.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 - U ₁ = 1.5 В P 2 - U ₂ = 2 В P 3 - R ₁ = 1 Ом P 4 - R ₂ = 2 Ом	1.5 П 1 2 П 2 1 П 3 2 П 4	1.5 2. 1. 2.
6	Вычислить \mathcal{E}	C/П	3.
7	Вычислить r	C/П	1.
	Для нового счета вернуться к п. 5		

Программа 28.2.А

алг программа 28.2.А (вещ $R_1, R_2, U_1, U_2, \mathcal{E}, r$)

арг U_1, U_2, R_1, R_2

рез \mathcal{E}, r

нач вещ с

$$c := U_1 R_2 - U_2 R_1$$

$$\mathcal{E} := U_1 U_2 (R_2 - R_1) / c$$

$$r := (U_2 - U_1) R_1 R_2 / c$$

кон

По проводу, у которого удельное электрическое сопротивление Q , длина l , а площадь поперечного сечения S , протекает ток, сила которого I . Потери энергии при выделении тепла составляют за время t величину Q . Определить значения величин по известным данным:

8. Q по известным Q, l, S, I, t .

9. Q по известным Q, I, S, I, t .

10. I по известным Q, I, S, Q, t .

11. t по известным Q, I, S, Q, I .

На элементе сопротивлением R при прохождении по нему силы тока I за время t выделяется некоторое количество теплоты Q . Определить значения величин по известным данным:

12. Q по известным R, I, t . 14. I по известным Q, R, t .

13. R по известным Q, I, t . 15. t по известным Q, R, I .

На сопротивлении R при протекании силы тока I происходит падение напряжения U , при этом потери энергии за время t составляют Q . Определить значения величин по известным данным:

16. Q по известным R, U, t . 18. U по известным Q, R, t .

17. R по известным Q, U, t . 19. t по известным Q, R, U .

На нагрузке сопротивлением R при протекании электрического тока, сила которого I , выделяется мощность P . Определить значения величин по известным данным:

20. P по известным R, I .

21. R по известным P, I .

22. I по известным P, R .

Мощность P выделяется на нагрузке сопротивлением R . Падение напряжения на нагрузке U . Определить значения величин по известным данным:

23. P по известным R, U .

24. R по известным P, U .

25. U по известным P, R .

Математическое описание задач 8–25

$$Q = A = \Delta q U = UIt; \\ I = U/R; R = ql/S; P = Q/t.$$

Расчетные формулы

$$8. Q = I^2 l t / S.$$

$$9. Q = \frac{QS}{I^2 lt}.$$

$$10. I = \sqrt{\frac{QS}{\varrho lt}}.$$

$$11. t = \frac{QS}{I^2 \varrho l}.$$

$$12. Q = I^2 R t.$$

$$13. R = \frac{Q}{I^2 t}.$$

$$14. I = \sqrt{\frac{Q}{Rt}}.$$

$$15. t = \frac{Q}{RI^2}.$$

$$16. Q = \frac{U^2}{R} t.$$

$$17. R = \frac{U^2 t}{Q}.$$

$$18. U = \sqrt{\frac{QR}{t}}.$$

$$19. t = \frac{QR}{U^2}.$$

$$20. P = I^2 R.$$

$$23. P = U^2 / R.$$

$$21. R = \frac{P}{I^2}.$$

$$24. R = U^2 / P.$$

$$22. I = \sqrt{\frac{P}{R}}.$$

$$25. U = \sqrt{PR}.$$

Программа 28.3			Инструкция к программе 28.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	8	08	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	П 1	41			
03	1	01	3	Ввести программу	По тексту программы
04	К П 0	L0			F АВТ B/O С/П
05	F L 1	5L	4	Перейти в режим F АВТ	
06	03	03	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – I или U P 2 – t P 3 – l P 4 – Q или R (для задач 13, 15, 16, 21, 23) P 5 – R (для задач 17, 19, 20, 24, 26) P 6 – Q или P P 7 – S P Д – И	(I или U) П 1 (t) П 2 (l) П 3 (Q или R) П 4 (R) П 5 (Q или P) П 6 (S) П 7 (И) П Д
07	ИП 9	69			
08	С/П	50			
09	ИП 7	67			
10	ИП 6	66			
11	ИП 5	65			
12	x	12			
13	x	12			
14	ИП 4	64			
15	ИП 3	63			
16	ИП 2	62			
17	x	12			
18	x	12			
19	ИП 1	61			
20	F x ²	22			
21	x	12	6	Вычислить искомую величину	C/П
22	÷	13		Для нового счета вернуться к п. 5	
23	П 9	49			
24	ИП Д	6Г			
25	F x = 0	5E			
26	30	30			
27	ИП 9	69			
28	F 1/x	23			
29	П 9	49			
30	ИП Д	6Г			
31	F x < 0	5C			
32	00	00			
33	ИП 9	69			
34	F √	21			
35	П 9	49			
36	БП	51			
37	00	00			

Время вычисления – 9 с

Контрольная задача к программе 28.3

28. Первая в СССР линия передачи электрической энергии постоянного тока Кашира—Москва имела длину 112 км. Передаваемая мощность ее составляла 30 000 кВт при напряжении 200 кВ. Определить, какое количество теплоты Q пошло на нагревание алюминиевых проводов площадью сечения 150 мм^2 за 1 ч.

Решение

$$I = \frac{P}{U}, I = 3 \cdot 10^7 \text{ Вт} / 2 \cdot 10^5 \text{ В} = 150 \text{ А};$$

$$Q_1 = \frac{I^2 \rho l t}{S}, Q_1 = \frac{(150 \text{ А})^2 \cdot 0.028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м} \cdot 112 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot 3600 \text{ с}}{150 \text{ мм}^2} = 1,7 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Энергия передачи по двум проводам:

$$Q = 2Q_1, Q = 2 \cdot 1,7 \cdot 10^9 \text{ Дж} \approx 3,4 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 28.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 23.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1—I = 3 · 10 ⁷ /2 · 10 ⁵ А Р 2—t = (60 · 60) с Р 3—l = 112 000 м Р 4—ρ = 0.028 Ом · мм ² /м Р 7—S = 150 мм ² Р Д—И=0 (так как решается задача 9)	3 ВП 7 ↑ 2 ВП 5 ÷ П 1 60 F x ² П 2 112 ВП 3 П 3 0.028 П 4 150 П 7 0 П Д	150. 3600. 112000. 2.8 150. 0.
6 7	Вычислить Q_1 Вычислить $Q = 2Q_1$ Результат вычисления: $Q = 3,39 \cdot 10^9$ Дж	C/P 2x	1.69344 09 3.38688 09

Программа 28.3.А

алг программа 28.3.А (вещ I, t, l, ρ, S, Q)

арг I, ρ, l, t, S

рез Q

нач

$$Q := I^2 \rho l t / S$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 28.1—28.3: 23
Р., № 806, 807, 809, 810, 813—816, 818, 820, 821, 829—836.

ГЛАВА 9. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

§ 29. Магнитная индукция. Магнитный поток. Закон Ампера. Электроизмерительные приборы

Проводник длиной l и силой тока I находится в магнитном поле, индукция которого B . На него действует сила Ампера F . Угол между B и I равен α . Определить значения величин по известным данным:

1. F по известным B, I, l, α .
2. B по известным F, I, l, α .
3. I по известным F, B, l, α .
4. l по известным F, B, I, α .
5. α по известным F, B, I, l .

Математическое описание задач 1—5

$$F = BIl \sin \alpha.$$

Расчетные формулы

$$1. F = BIl \sin \alpha. 2. B = \frac{F}{Il \sin \alpha}. 3. I = \frac{F}{Bl \sin \alpha}.$$

$$4. l = \frac{F}{Bi \sin \alpha}. 5. \alpha = \arcsin \frac{F}{Bil}.$$

Программа 29.1			Инструкция к программе 29.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	
03	П 3	43			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	F arcsin	19	5	Переключатель Р—Г установить в положение единицы, в которой выражается угол α	
06	П 5	45			
07	ИП 9	69			
08	С/П	50	6	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1—F Р 2—B Р 3—I Р 4—l Р 5—α Р Д—И	
09	ИП 1	61			(F) П 1
10	ИП 2	62			(B) П 2
11	ИП 3	63			(I) П 3
12	ИП 4	64			(l) П 4
13	x	12			(a) П 5
14	x	12			(И) П Д
15	ИП 5	65			
16	F sin	1C			

Продолжение

Программа 29.1			Инструкция к программе 29.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
17	x	12	7	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	С/П
18	÷	13			
19	П 9	49			
20	ИП Д	6Г			
21	F x=0	5Е			
22	26	26			
23	ИП 9	69			
24	F 1/x	23			
25	П 9	49			
26	ИП Д	6Г			
27	F x<0	5С			
28	00	00			
29	ИП 9	49			
30	F arcsin	19			
31	П 9	49			
32	БП	51			
33	00	00			

Время вычисления—6 с

Контрольная задача к программе 29.1

6. Под каким углом к линиям индукции однородного магнитного поля должен быть расположен проводник длиной 0,4 м, чтобы поле, магнитная индукция которого равна 0,8 Тл, действовало на проводник силой 0,8 Н, если по нему проходит сила тока, равная 5 А?

Решение

$$\alpha = \arcsin \frac{F}{BIL}, \quad \alpha = \arcsin \frac{0,8 \text{ Н}}{0,8 \text{ Тл} \cdot 5 \text{ А} \cdot 0,4 \text{ м}} = 30^\circ.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 29.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 29.1		
5	Переключатель Р–Г установить в положение Г		
6	Ввести начальные данные в регистры памяти:	B/0 С/П	
	P 1 – F = 0,8 Н	0.8 П 1	8. -01
	P 2 – B = 0,8 Тл	П 2	8. -01
	P 3 – I = 5 А	5 П 3	5.
	P 4 – l = 0,4 м	0.4 П 4	4. -01
	P Д – И = -1	1 /- П Д	-1.
7	Вычислить α	С/П	30.000001
	Результат вычисления: $\alpha = 30^\circ$		

Программа 29.1.А

алг программа 29.1.А (вещ F, B, I, l, α)

арг F, B, I, l

рез α

нач

$$\alpha := \arcsin \frac{F}{BIL}$$

кон

7. Горизонтальные рельсы находятся в однородном магнитном поле на расстоянии l друг от друга. На рельсах перпендикулярно к ним лежит стержень. Какой должна быть индукция магнитного поля \vec{B} , для того чтобы стержень начал равномерно двигаться вдоль рельсов, если по нему пропустить силу тока I (рис. 30)? Коэффициент трения стержня о рельсы μ , масса стержня m .

Математическое описание задачи 7

$$F_{\text{тр}} = F_A,$$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg;$$

$$F_A = IBL.$$

Расчетная формула

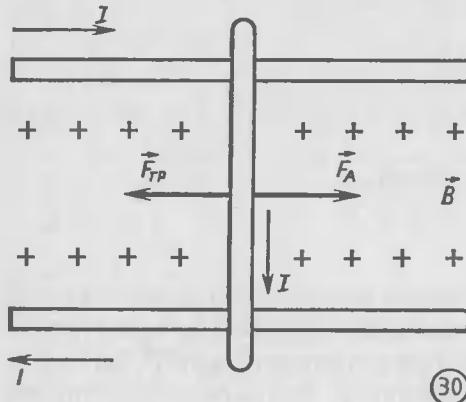
$$7. B = \frac{\mu mg}{I l}.$$

Программа 29.2			Инструкция к программе 29.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	x	12	1	Включить ПМК	
01	x	12	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	С/П	50	3	Ввести программу	По тексту программы
03	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	÷	13	5	Ввести в стек μ , m , g	(μ) ↑ (m) ↑ (g)
05	С/П	50	6	Вычислить силу трения $F_{\text{тр}}$	C/П
06	БП	51	7	Ввести в стек I , l	(I) ↑ (l)
07	00	00	8	Вычислить B	C/П
				Для нового счета вернуться к п. 5	

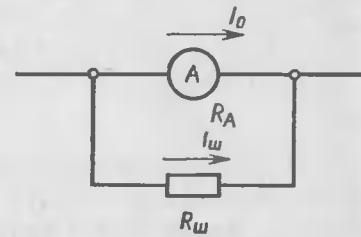
Время вычисления—1 с

Контрольная задача к программе 29.2

8. Горизонтальные рельсы находятся в магнитном поле на расстоянии 0,3 м друг от друга. На них лежит стержень (см. рис. 30). Какой



30



31

должна быть индукция магнитного поля, для того чтобы стержень начал равномерно двигаться вдоль рельсов, если по нему пропускать силу тока 50 А? Коэффициент трения стержня равен 0,2, масса стержня 0,5 кг.

Решение

При пропускании тока по стержню на него будет действовать сила Ампера:

$$F_{tr} = F_A, \quad F_{tr} = \mu mg; \quad \mu mg = IBl;$$

$$B = \frac{\mu mg}{Il}, \quad B = \frac{0,2 \cdot 0,5 \text{ кг} \cdot 9,81 \text{ м/с}^2}{50 \text{ А} \cdot 0,3 \text{ м}} \approx 0,066 \text{ Тл.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 29.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 29.2		
5	Ввести в стек $\mu = 0,2$; $m = 0,5$ кг; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$	0.2 ↑ 0.5 ↑ 9.81	9.81
6	Вычислить F_{tr}	C/П	9.81 -01
7	Ввести в стек $I = 50 \text{ А}$; $l = 0,3 \text{ м}$	50 ↑ 0.3	0.3
8	Вычислить B	C/П	6.54 -02
	Результат вычисления: $B \approx 0.065 \text{ Тл}$		

Программа 29.2.А

алг программа 29.2.А (вещ μ , m , g , I , l , B)

арг μ , m , g , I , l

рез B

нач

$$B := \frac{\mu mg}{Il}$$

кон

9. Предел измерений амперметра I_0 , внутреннее сопротивление R_a (рис. 31). Рассчитать сопротивление шунта R_{sh} , если необходимо измерить силу тока I .

10. Определить предел измерений амперметра I , зашунтированного сопротивлением R_{sh} , если до этого предел измерений был I_0 . Внутреннее сопротивление амперметра R_a .

Математическое описание задач 9, 10

$$I = I_0 + I_{sh};$$

$$I_0 R_a = I_{sh} R_{sh}; \quad I_{sh} = I - I_0;$$

$$R_{sh} = \frac{I_0 R_a}{I - I_0}; \quad I = \frac{(R_a + R_{sh}) I_0}{R_{sh}}.$$

Расчетные формулы

$$9. R_{sh} = \frac{I_0 R_a}{I - I_0}. \quad 10. I = \frac{(R_a + R_{sh}) I_0}{R_{sh}}.$$

Программа 29.3			Инструкция к программе 29.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	К ПП Д	-Г	1	Включить ПМК	
01	С/П	50	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	БП	51	3	Ввести программу	По тексту программы
03	00	00			F АВТ B/0
04	ИП А	6-	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 0	60	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 - I P 0 - I ₀ P A - R _a P C - R _{sh} P D - И	(I) П 1 (I ₀) П 0 (R _a) П А (R _{sh}) П С (И) П Д
06	ИП 1	61			
07	ИП 0	60			
08	-	11			
09	÷	13			
10	x	12			
11	B/0	52	6	I=4 для задачи 9 I=12 для задачи 10	
12	ИП 0	60		Вычислить искомую величину	
13	ИП А	6-		Для нового счета вернуться	
14	ИП С	6C		к п. 5	
15	+	10			
16	x	12			
17	ИП С	6C			
18	÷	13			
19	B/0	52			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 29.3

11. Миллиамперметр со шкалой, рассчитанной на силу тока $I_0 = 20 \text{ мА}$, необходимо использовать как амперметр для измерения токов

силой до 1 А. Рассчитать сопротивление шунта ($R_{ш}$), если значение сопротивления миллиамперметра (R_a) равно 7 Ом.

Решение

$$R_{ш} = \frac{I_0 R_a}{I - I_0},$$

$$R_{ш} = \frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ А} \cdot 7 \text{ Ом}}{1 \text{ А} - 2 \cdot 10^{-2} \text{ А}} \approx 0,14 \text{ Ом.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 29.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 29.3 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1- $I=1$ А Р 0- $I_0=2 \cdot 10^{-2}$ А Р А- $R_a=7$ Ом Р Д-И=4	1 П 1 0.02 П 0 7 П А 4 П Д С/П	1 2. 7. 4. 1.4285714 -01
6	Вычислить $R_{ш}$ Результат вычисления: $R_{ш} \approx 0.14$ Ом		

Программа 29.3.А

алг программа 29.3.А (вещ I , I_0 , R_a , R_m , И)

арг I , I_0 , R_a , R_m , И
рез I , R_m

нач

если И=4

$$\text{то } R_m := \frac{I_0 R_a}{I - I_0}$$

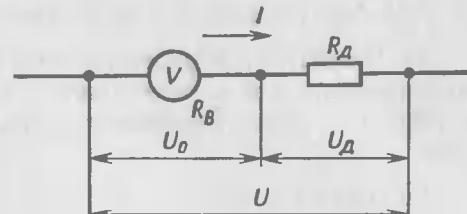
$$\text{иначе } I := \frac{(R_a + R_m) I_0}{R_m}$$

все

кон

12. Предел измерений вольтметра U_0 , внутреннее сопротивление R_v (рис. 32). Рассчитать дополнительное сопротивление R_d , необходимое для того, чтобы предел измерений стал U .

13. Определить предел измерений вольтметра U после присоединения добавочного сопротивления R_d , если до этого предел измерений вольтметра был U_0 . Внутреннее сопротивление вольтметра R_v (см. рис. 32).



(32)

Математическое описание задач 12, 13

$$U = U_0 + U_d;$$

$$U_d = U - U_0;$$

$$\frac{U_0}{R_v} = \frac{U_d}{R_d}.$$

Расчетные формулы

$$12. R_d = \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) R_v. \quad 13. U = \left(\frac{R_d}{R_v} + 1 \right) U_0.$$

Программа 29.4			Инструкция к программе 29.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	К ПП Д	-Г	1	Включить ПМК	
01	С/П	50	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	БП	51	3	Ввести программу	По тексту программы
03	00	00			F АВТ B/0
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 0	60	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1- U Р 0- U_0 Р В- R_v Р С- R_d Р Д-И	(U) П 1 (U_0) П 0 (R_v) П В (R_d) П С (И) П Д
06	÷	13			
07	1	01			
08	-	11			
09	ИП В	6L			
10	х	12			
11	B/0	52			
12	ИП С	6C	6	И=4 для задачи 12 И=12 для задачи 13 Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	
13	ИП В	6L			
14	÷	13			
15	1	01			
16	+	10			
17	ИП 0	60			
18	х	12			
19	B/0	52			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 29.4

14. К вольтметру, рассчитанному на напряжение 30 В и внутреннее сопротивление 3 кОм, подсоединили добавочное сопротивление 27 кОм. Рассчитать предел измерений вольтметра с добавочным сопротивлением.

Решение

$$U = \left(\frac{R_n}{R_b} + 1 \right) U_0, \quad U = \left(\frac{27 \text{ кОм}}{3 \text{ кОм}} + 1 \right) \cdot 30 \text{ В} = 300 \text{ В.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 29.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 29.4 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 – $U_0 = 30$ В Р В – $R_b = 3$ кОм Р С – $R_d = 27$ кОм Р Д – И = 12 Вычислить U Результат вычисления: $U = 300$ В	30 П 0 3 П В 27 П С 12 П Д С/П	30. 3. 27. 12. 300.
6			

Программа 29.4.А

алг программа 29.4.А (вещ $U, U_0, R_b, R_d, И$)

арг $U, U_0, R_b, R_d, И$

рез U, R_d

нач

если $И = 4$

то $R_d := \left(\frac{U}{U_0} - 1 \right) R_b$

иначе $U := \left(\frac{R_d}{R_b} + 1 \right) U_0$

все

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 29.1–29.4: Р., № 793–797, 890–894.

§ 30. Сила Лоренца

Частица зарядом q влетает со скоростью \vec{v} в однородное магнитное поле, индукция которого \vec{B} , под углом α к линиям индукции. Сила, действующая на частицу, равна \vec{F} . Определить значения величин по известным данным:

1. F по известным q, B, v, α .

2. q по известным F, B, v, α .

3. B по известным F, q, v, α .

4. v по известным F, q, B, α .

5. α по известным F, q, B, v .

Математическое описание задач 1–5

$$F = BIl \sin \alpha; \quad I = \frac{q}{t}; \quad l = vt; \quad F_n = Bqv \sin \alpha.$$

Расчетные формулы

$$1. F = Bqv \sin \alpha. \quad 2. q = \frac{F_n}{Bv \sin \alpha}.$$

$$3. B = \frac{F_n}{qv \sin \alpha}.$$

$$4. v = \frac{F}{Bq \sin \alpha}. \quad 5. \alpha = \arcsin \frac{F_n}{Bqv}.$$

Программу 30.1 следует смотреть по программе 29.1. Читайте: F_n вместо F , q вместо I , v вместо l .

Контрольная задача к программе 30.1

6. Электрон влетает в однородное магнитное поле, у которого значение магнитной индукции равно 0,5 Тл, со скоростью 200 000 км/с под углом $\pi/3$ рад к линиям индукции. Определить силу, с которой магнитное поле действует на электрон.

Решение

$$F_n = Bqv \sin \alpha,$$

$$F_n = 0,5 \text{ Тл} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 10^8 \text{ м/с} \cdot \sin \frac{\pi}{3} \approx 14 \cdot 10^{-12} \text{ Н.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 30.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 30.1 Установить переключатель Р–Г в положение Р		
6	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 2 – $B = 0,5$ Тл Р 3 – $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл	0,5 П 2 1,6 ВП /–/ 19 П 3	5. –01 16.6 –19
7	Р 4 – $v = 2 \cdot 10^8$ м/с Р 5 – $\alpha = \pi/3$ Р Д – И = 0 (так как решается задача 1) Вычислить F_n Результат вычисления: $F_n = 13,86$ нН	2 ВП 8 П 4 Fп 3 ÷ П 5 0 П Д С/П	2. 08 1.0471975 0. 1.3856407 –11

Программа 30.1.А

алг программа 30.1.А (вещ $B, q, v, \alpha, F_{\text{л}}$)
арг B, q, v, α
рез $F_{\text{л}}$

нач

$$F_{\text{л}} := Bqv \sin \alpha$$

кон

Частица зарядом q влетает в однородное магнитное поле, индукция которого \vec{B} , со скоростью \vec{v} под углом α к линиям магнитной индукции и под действием силы Лоренца описывает окружность радиусом r . Масса частицы m . Определить значения величин по известным данным:

7. r по известным q, B, α, m, v .
8. q по известным r, B, α, m, v .
9. B по известным r, q, α, m, v .
10. α по известным r, q, B, m, v .
11. m по известным r, q, B, α, v .
12. v по известным r, q, B, α, m .

Математическое описание задач 7–12

$$F_{\text{л}} = qBv \sin \alpha;$$

$$F = \frac{mv^2}{r};$$

$$\frac{mv^2}{r} = qBv \sin \alpha; \quad mv = qBr \sin \alpha.$$

Расчетные формулы

7. $r = \frac{mv}{qB \sin \alpha}$.
8. $q = \frac{mv}{rB \sin \alpha}$.
9. $B = \frac{mv}{qr \sin \alpha}$.
10. $\alpha = \arcsin \frac{mv}{Brq}$.
11. $m = \frac{Bqr \sin \alpha}{v}$.
12. $v = \frac{Bqr \sin \alpha}{m}$.

Программа 30.2			Инструкция к программе 30.2			
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	
00	1	01	1	Включить ПМК		
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы	
03	П 3	43			F АВТ	
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ		

Программа 30.2			Инструкция к программе 30.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
05	П 5	45	5	Переключатель Р–Г установить в положение единицы, в которой выражается угол α	
06	Farcsin	19		Ввести начальные данные в регистры памяти:	B/0 С/П
07	П 6	46	6	P 1 – m	(m) П 1
08	ИП 9	69		P 2 – v	(v) П 2
09	С/П	50		P 3 – r	(r) П 3
10	ИП 1	61		P 4 – q	(q) П 4
11	ИП 2	62		P 5 – B	(B) П 5
12	ИП 3	63		P 6 – α	(α) П 6
13	ИП 4	64		P Д – И	(И) П Д
14	x	12		I=1 для задач 7, 8, 9	
15	÷	13		I=0 для задачи 10	
16	x	12		I=-1 для задач 11, 12	
17	ИП 5	65	7	Вычислить искомую величину	C/П
18	ИП 6	66		Для нового счета вернуться к п. 5	
19	F sin	1C			
20	x	12			
21	÷	13			
22	П 9	49			
23	ИП Д	6Г			
24	F x=0	5E			
25	29	29			
26	ИП 9	69			
27	F arcsin	19			
28	П 9	49			
29	ИП Д	6Г			
30	F x < 0	5C			
31	00	00			
32	ИП 9	69			
33	F 1/x	23			
34	П 9	49			
35	БП	51			
36	00	00			

Время вычисления – 7 с

Контрольная задача к программе 30.2

13. Электрон влетает перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью 40 000 км/с в однородное магнитное поле, значение индукции которого равно 0,05 Тл. Определить радиус кривизны траектории электрона.

Решение

$$r = \frac{mv}{qB \sin \alpha},$$

$$r = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 4 \cdot 10^7 \text{ м/с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,05 \text{ Тл} \cdot \sin 90^\circ} \approx 4,55 \text{ мм.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 30.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 30.2		
5	Переключатель Р-Г установить в положение Г		
6	Ввести начальные данные в регистры памяти:	B/0 С/П	
	P 1 - m = 9,1 · 10 ⁻³¹ кг	9.1 ВП / - / 31 П 1	9.1 -31
	P 2 - v = 4 · 10 ⁷ м/с	4 ВП 7 П 2	4000000.
	P 4 - q = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Кл	1.6 ВП / - / 19 П 4	1.6 -19
	P 5 - B = 0,5 Тл	0.05 П 5	5. -02
	P 6 - α = 90°	90 П 6	90.
	P Д - И = 1	1 П Д	1.
7	Вычислить r	C/П	4.55 -03
	Результат вычисления: r = 4,55 мм		

Программа 30.2.А

алг программа 30.2.А (вещ q, B, a, m, v, r)

арг q, B, a, m, v
рез r

нач

$$r := \frac{mv}{qB \sin \alpha}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 30.1–30.2:
Р., № 897–903.

ГЛАВА 10. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

§ 31. Электрический ток в металлах и вакууме

Ток силой I протекает в проводнике сечением S . При этом средняя скорость свободных электронов v , а их число в атоме металла равно n . Плотность металла ρ , молярная масса M . Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Определить значения величин по известным данным:

1. v по известным I, S, n, ρ, M .
2. I по известным v, S, n, ρ, M .
3. S по известным v, I, n, ρ, M .

4. n по известным v, I, S, ρ, M .

5. ρ по известным v, I, S, n, M .

6. M по известным v, I, S, n, ρ .

Математическое описание задач 1–6

$j = I/S$, где j – плотность тока;

$j = en_0v$, где n_0 – концентрация свободных электронов;

$$v = \frac{I}{en_0S}; \quad n_0 = \frac{nN_A\rho}{M}.$$

Расчетные формулы

$$1. v = \frac{IM}{nN_AeS}.$$

$$2. I = \frac{vnN_Ae\rho S}{M}.$$

$$3. S = \frac{IM}{vnN_Ae\rho}.$$

$$4. n = \frac{IM}{vN_Ae\rho S}.$$

$$5. \rho = \frac{IM}{vnN_AeS}.$$

$$6. M = \frac{vnN_Ae\rho S}{I}.$$

Программа 31.1			Инструкция к программе 31.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 - I P 2 - M P 3 - v P 4 - n P 5 - ρ P 6 - S P Д - И	B/0 С/П (I) П 1 (M) П 2 (v) П 3 (n) П 4 (ρ) П 5 (S) П 6 (И) П Д
06	П 6	46			
07	ИП 9	69			
08	С/П	50			
09	ИП 1	61			
10	ИП 2	62			
11	х	12			
12	ИП 3	63			
13	ИП 4	64			
14	х	12			
15	ИП 5	65			
16	ИП 6	66			
17	х	12			
18	9	09			
19	6	06			
20	4	04			
21	8	08			
22	5	05			
23	х	12			
24	х	12			
25	÷	13			
			6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П

Продолжение

Программа 31.1			Инструкция к программе 31.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
26	П 9	49			
27	ИП Д	6Г			
28	F x ≠ 0	57			
29	00	00			
30	ИП 9	69			
31	F 1/x	23			
32	П 9	49			
33	БП	51			
34	00	00			

Время вычисления — 10 с

Контрольная задача к программе 31.1

7. Определить скорость упорядоченного движения свободных электронов в медном проводнике площадью поперечного сечения 1 мм^2 , если сила тока в нем 10 А. Принять, что на каждый атом меди приходится по два электрона проводимости.

Решение

$$v = \frac{IM}{nFQS},$$

$$v = \frac{10 \text{ А} \cdot 64 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}}{2 \cdot 96485 \text{ Кл/моль} \cdot 8,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} \approx 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 31.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4	См. инструкцию к программе 31.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—I=10 А P 2—M=64·10 ⁻³ кг/моль P 4—n=2 P 5—Q=8,6·10 ³ кг/м ³ P 6—S=10 ⁻⁶ м P Д—И=0	10 П 1 0.064 П 2 2 П 4 8600 П 5 Cх ВП/-/6 П 6 0 П Д С/П	10. 6.4 2. 8600. 1. 0. 3.8564857 -02 -06 -04
5	Вычислить v Результат вычисления: $v \approx 0.386$ м/с		

Программа 31.1.А

алг программа 31.1.А (вещ I, M, n, q, S, v)
арг I, M, n, q, S

рез v
нач вещ F
F:= 96 485

$$v := \frac{IM}{nqSF}$$

кон

Заряд частицы q , масса m . Частица ударяется о препятствие со скоростью v . Разность потенциалов между электродами U . Определить значения величин по известным данным:

8. v по известным U , q , m .
9. U по известным v , q , m .
10. q по известным v , U , m .
11. m по известным v , U , q .

Математическое описание задач 8–11

$$A = qU, A = \Delta E_k;$$

$$\Delta E_k = \frac{mv^2}{2}; qU = \frac{mv^2}{2}.$$

Расчетные формулы

$$8. v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}.$$

$$9. U = \frac{mv^2}{2q}.$$

$$10. q = \frac{mv^2}{2U}.$$

$$11. m = \frac{2qU}{v^2}.$$

Программа 31.2			Инструкция к программе 31.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	
03	П 3	43			
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 9	69	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—I P 2—q P 3—m P 4—v P Д—И	
06	С/П	50		P 1—I	(U) П 1
07	2	02		P 2—q	(q) П 2
08	ИП 1	61		P 3—m	(m) П 3
09	ИП 2	62		P 4—v	(v) П 4
10	x	12		P Д—И	(И) П Д
11	x	12		I=-1 для задачи 8 I=0 для задач 9, 10 I=1 для задачи 11	
12	ИП 3	63			

Продолжение

Программа 31.2			Инструкция к программе 31.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
13	ИП 4	64	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	С/П
14	F x ²	22			
15	x	12			
16	÷	13			
17	П 9	49			
18	ИП Д	6Г			
19	F x < 0	5С			
20	24	24			
21	ИП 9	69			
22	F 1/	21			
23	П 9	49			
24	ИП Д	6Г			
25	F x = 0	5Е			
26	00	00			
27	ИП 9	69			
28	F 1/x	23			
29	П 9	49			
30	БП	51			
31	00	00			

Время вычисления—6 с

Контрольная задача к программе 31.2

12. С какой скоростью электрон ударяется об анод катодной трубы, если между электродами поддерживается напряжение 220 В?

Решение

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}, \quad v = \sqrt{\frac{21,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 220 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 8,79 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 31.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 31.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1—U = 220 В Р 2—q = e = 1,6 · 10 ⁻¹⁹ Кл Р 3—m = m _e = 9,1 · 10 ⁻³¹ кг Р Д—И=—1 Вычислить v Результат вычисления: v = 879,6 км/с	220 П 1 16 ВП /—/ 20 П 2 91 ВП /—/ 32 П 3 1/-/ П Д С/П	220 1.6 —19 9.1 —31 —1. 8795603.2
6			

Программа 31.2.А

алг программа 31.2.А (вещ U, q, m, v)

арг U, q, m

рез v

нач

$$v := \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 31.1—31.2: Р., № 840, 841, 868—872.

§ 32. Электрический тон в электролитах и газах

Рассматривается электролиз вещества валентностью *n*, молярная масса которого *M*. Через электролит протекал ток *I* в течение времени *Δt*. При этом на электродах выделилась некоторая масса *m* вещества. Определить значения величин по известным данным:

1. *m* по известным *n*, *I*, *M*, *Δt*, *F*.
2. *n* по известным *m*, *I*, *M*, *Δt*, *F*.
3. *I* по известным *m*, *n*, *M*, *Δt*, *F*.
4. *M* по известным *m*, *n*, *I*, *Δt*, *F*.
5. *Δt* по известным *m*, *n*, *I*, *M*, *F*.
6. *F* по известным *m*, *n*, *I*, *M*, *Δt*.

Рассматривается электролиз вещества валентностью *n*. Молярная масса вещества равна *M*. Сопротивление ванны *R*. Напряжение на зажимах *U* поддерживалось в течение времени *Δt*, при этом на электродах выделилось вещество массой *m*. Определить значения величин по известным данным:

7. *m* по известным *n*, *U*, *R*, *M*, *Δt*, *F*.
8. *n* по известным *m*, *U*, *R*, *M*, *Δt*, *F*.
9. *U* по известным *m*, *n*, *R*, *M*, *Δt*, *F*.
10. *R* по известным *m*, *n*, *U*, *M*, *Δt*, *F*.
11. *M* по известным *m*, *n*, *U*, *R*, *Δt*, *F*.
12. *Δt* по известным *m*, *n*, *U*, *R*, *M*, *F*.
13. *F* по известным *m*, *n*, *U*, *R*, *M*, *Δt*.

Рассматривается электролиз вещества с электрохимическим эквивалентом *k* за время *Δt*. При силе тока *I* выделилась масса вещества, равная *m*. Определить значения величин по известным данным:

14. *m* по известным *k*, *I*, *Δt*.
15. *k* по известным *m*, *I*, *Δt*.
16. *I* по известным *m*, *k*, *Δt*.
17. *Δt* по известным *m*, *k*, *I*.

Математическое описание задач 1–17

$$m = m_{0i} N_i; \quad m_{0i} = \frac{M}{N_A}; \quad N_i = \frac{\Delta q}{q_{0i}},$$

где m_{0i} – масса ионов; q_{0i} – их заряд; N_i – число ионов, достигших электрод; Δq – заряд, протекший через электролит за время Δt ;

$$m = \frac{M}{neN_A} I\Delta t; \quad F = eN_A; \quad m = \frac{M}{nF} I\Delta t; \quad I = \frac{U}{R}.$$

Расчетные формулы

1. $m = \frac{M}{nF} I\Delta t.$
2. $n = \frac{MI\Delta t}{mF}.$
3. $I = \frac{mnF}{M\Delta t}.$
4. $M = \frac{mnF}{I\Delta t}.$
5. $\Delta t = \frac{mnF}{MI}.$
6. $F = \frac{MI\Delta t}{mn}.$
7. $m = \frac{MU\Delta t}{nFR}.$
8. $n = \frac{MU\Delta t}{mFR}.$
9. $U = \frac{nmFR}{M\Delta t}.$
10. $R = \frac{MU\Delta t}{mnF}.$
11. $M = \frac{mnFR}{U\Delta t}.$
12. $\Delta t = \frac{mnFR}{MU}.$
13. $F = \frac{MU\Delta t}{mnR}.$
14. $m = kI\Delta t.$
15. $k = \frac{m}{I\Delta t}.$
16. $I = \frac{m}{k\Delta t}.$
17. $\Delta t = \frac{m}{Ik}.$

Программа 32.1			Инструкция к программе 32.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	9	09	1	Включить ПМК	
01	П0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	1	01	3	Ввести программу	По тексту программы
03	1	01			F АВТ B/0 С/П
04	К П 0	L0	4	Перейти в режим F АВТ	
05	F L 1	5L	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	03	03		P 1 – Δt	(Δt) П 1
07	ИП А	6–		P 2 – M	(M) П 2
08	С/П	50		P 3 – k	(k) П 3
09	ИП 1	61		P 4 – I	(I) П 4
10	ИП 2	62		P 5 – U	(U) П 5
11	ИП 3	63		P 6 – R	(R) П 6
12	ИП 4	64		P 7 – F	(F) П 7
13	x	12		P 8 – n	(n) П 8
14	x	12		P 0 – m	(m) П 0
15	x	12		P Д – И	(И) П Д
16	ИП 5	65			
17	ИП 6	66		И=0, если надо определить m , n , F , R для задач 1, 2, 6, 7, 8, 10, 13, 14	
18	ИП 7	67		И=1, если надо определить k , M , I , U , Δt для задач 3, 4, 5, 9, 11, 12, 15, 16, 17	
19	x	12			

Программа 32.1			Инструкция к программе 32.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
20	÷	13			
21	ИП 8	68			
22	ИП 0	60			
23	x	12	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
24	÷	13			
25	x	12			
26	П А	4–			
27	ИП Д	6Г			
28	F x ≠ 0	57			
29	00	00			
30	ИП А	6–			
31	F 1/x	23			
32	П А	4–			
33	БП	51			
34	00	00			

Время вычисления – 10 с

Контрольная задача к программе 32.1

18. Какая масса серебра выделится на катоде при прохождении тока через водный раствор азотно-серебряной соли в течение 5 ч, если сопротивление ванны 6 Ом, напряжение на ее зажимах 12 В? Серебро одновалентное.

Решение

$$m = \frac{MU\Delta t}{nFR}, \quad m = \frac{0,10787 \text{ кг/моль} \cdot 12 \text{ В} \cdot 18000 \text{ с}}{1 \cdot 96485 \text{ Кл/моль} \cdot 6 \text{ Ом}} \approx 0,04 \text{ кг.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 32.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 32.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1 – Δt = 3600 · 5 с P 2 – M = 0,10787 кг/моль P 5 – U = 12 В P 6 – R = 6 Ом P 7 – F = 96485 Кл/моль P 8 – n = 1 P Д – И = 0 (так как надо определить m)	3600 ↑ 5 x П 1 0.10787 П 2 12 П 5 6 П 6 96485 П 7 1 П 8 0 П Д С/П	18000. 0.10787 –01 12. 6. 96485. 1. 0. 4.0247912 –02
6	Вычислить m Результат вычисления: $m \approx 40.25$ г		

Программа 32.1.А

алг программа 32.1.А (вещ Δt , M , U , R , F , n , m)

арг Δt , M , U , R , F , n
рез m

нач

$$m := \frac{MU\Delta t}{nFR}$$

кон

19. Определить длину свободного пробега λ электрона в трубке, заполненной разреженным газом, работа ионизации которого равна A_i ; напряженность электрического поля между электродами трубки E .

20. Определить напряженность электрического поля E между электродами трубки, заполненной разреженным газом, у которого в момент возникновения ударной ионизации работа ионизации равна A_i . Длина свободного пробега электрона в трубке равна λ .

Математическое описание задач 19, 20

$$eE\lambda = A_i$$

Расчетные формулы

$$19. \lambda = \frac{A_i}{Ee}. \quad 20. E = \frac{A_i}{e\lambda}.$$

Программа 32.2			Инструкция к программе 32.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	х	12	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	÷	13	3	Ввести программу	По тексту программы
03	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04	БП	51	5	Ввести e в Р 0	(e) П 0
05	00	00	6	Ввести в стек A_i и известные величины E или λ	(A_i) ↑ (E или λ)
			7	Вычислить неизвестную величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П

Время вычисления — 1 с

Контрольная задача к программе 32.2

21. Определить длину свободного пробега электрона в трубке, заполненной разреженным азотом, в момент возникновения ударной ионизации, если напряженность электрического поля между электродами трубки $2 \cdot 10^4$ В/м, а работа ионизации молекулы азота равна 15,8 эВ.

Решение

$$\lambda = \frac{A_i}{eE},$$

$$\lambda = \frac{2,528 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 2 \cdot 10^4 \text{ В/м}} = 0,79 \text{ мм.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 32.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 32.2		
5	Ввести в Р 0 заряд электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл	16 ВП /-/ 20 П0	1.6 -19
6	Ввести в стек $A_i = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 15,8$ Дж и $E = 2 \cdot 10^4$ В/м	15.8x ↑ 2 ВП 4	2. 04
7	Вычислить λ Результат вычисления: $\lambda = 7,9 \cdot 10^{-4}$ м	C/P	7.9 -04

Программа 32.2.А

алг программа 32.2.А (вещ A_i , e , E , λ)

арг A_i , e , E

рез λ

нач

$$\lambda := \frac{A_i}{eE}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 32.1—32.2:
Р., № 846—848, 851—855, 859, 860.

§ 33. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Самоиндукция. Энергия магнитного поля

Проводник длиной l движется со скоростью v в однородном магнитном поле, индукция которого B , под углом α к линиям магнитной индукции. При этом в проводнике индуцируется ЭДС, равная \mathcal{E}_i . Определить значения величин по известным данным:

1. \mathcal{E}_i по известным B , v , l , α .
2. B по известным \mathcal{E}_i , v , l , α .

3. v по известным \mathcal{E}_i , B , l , α .
4. l по известным \mathcal{E}_i , B , v , α .
5. α по известным \mathcal{E}_i , B , v , l .

Математическое описание задач 1–5

$$F_\pi = qvB \sin \alpha;$$

$$A = F_\pi l; \quad \mathcal{E}_i = \frac{A}{q};$$

$$\mathcal{E}_i = Bvl \sin \alpha.$$

Расчетные формулы

$$1. \mathcal{E}_i = Bvl \sin \alpha. \quad 2. B = \frac{\mathcal{E}_i}{vl \sin \alpha}. \quad 3. v = \frac{\mathcal{E}_i}{Bl \sin \alpha}.$$

$$4. l = \frac{\mathcal{E}_i}{Bv \sin \alpha}. \quad 5. \alpha = \arcsin \frac{\mathcal{E}_i}{Bvl}.$$

Программу 33.1 следует смотреть по программе 21.1. Читайте: \mathcal{E}_i вместо F , v вместо I .

Контрольная задача к программе 33.1

6. В однородном магнитном поле перпендикулярно к направлению вектора индукции, модуль которого 0,1 Тл, движется равномерно со скоростью 5 м/с проводник длиной 2 м. Чему равна индуцированная в проводнике ЭДС?

Решение

$$\mathcal{E}_i = Bvl \sin \alpha,$$

$$\mathcal{E}_i = 0,1 \text{ Тл} \cdot 5 \text{ м/с} \cdot 2 \text{ м} \cdot \sin 90^\circ = 1 \text{ В.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 33.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 33.1		
5	Переключатель Р–Г установить в положение Г		
6	Ввести начальные данные в регистры памяти:		
	P 2 – B = 0.1 Тл	0.1 П 2	1. –01
	P 3 – v = 5 м/с	5 П 3	5.
	P 4 – l = 2 м	2 П 4	2.
	P 5 – α = 90°	90 П 5	90.
	P Δ – И = 0	0 П Δ	0.
7	Вычислить \mathcal{E}_i	C/P	1.
	Результат вычисления: $\mathcal{E}_i = 1$ В		

Программа 31.1.А

алг программа 33.1.А (вещ B , v , l , α , \mathcal{E}_i)

 apr B , v , l , α

 рез \mathcal{E}_i

нач

$$\mathcal{E}_i := Bvl \sin \alpha$$

кон

В соленоиде с числом витков n при изменении магнитного потока $\Delta\Phi$ за время Δt возникла ЭДС индукции \mathcal{E}_i . Определить значения величин по известным данным:

7. $\Delta\Phi$ по известным Δt , n , \mathcal{E}_i .
8. Δt по известным $\Delta\Phi$, n , \mathcal{E}_i .
9. n по известным $\Delta\Phi$, Δt , \mathcal{E}_i .
10. \mathcal{E}_i по известным $\Delta\Phi$, Δt , n .

В соленоиде, индуктивностью которого L , при протекании электрического тока I магнитный поток равен Φ . Определить значения величин по известным данным:

11. Φ по известным L , I .
12. L по известным Φ , I .
13. I по известным Φ , L .

В катушке индуктивностью L при изменении тока на ΔI за время Δt возникает ЭДС самоиндукции, равная \mathcal{E}_{is} . Определить значения величин по известным данным:

14. \mathcal{E}_{is} по известным ΔI , Δt , L .
15. ΔI по известным \mathcal{E}_{is} , Δt , L .
16. Δt по известным \mathcal{E}_{is} , ΔI , L .
17. L по известным \mathcal{E}_{is} , ΔI , Δt .

Математическое описание задач 7–17

$$\mathcal{E}_i = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

$$B \sim \Phi; \quad I \sim B; \quad I \sim \Phi; \quad \Phi = LI;$$

$$\mathcal{E}_{is} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

Расчетные формулы

7. $\Delta\Phi = \frac{\mathcal{E}_i}{n} \Delta t$.
8. $\Delta t = n \frac{\Delta\Phi}{\mathcal{E}_i}$.
9. $n = \mathcal{E}_i \frac{\Delta t}{\Delta\Phi}$.
10. $\mathcal{E}_i = n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$.
11. $\Phi = LI$.
12. $L = \Phi/I$.

$$13. I = \Phi/L.$$

$$14. \mathcal{E}_{is} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$

$$15. \Delta I = \frac{\mathcal{E}_{is}}{L} \Delta t.$$

$$16. \Delta t = \frac{L}{\mathcal{E}_{is}} \Delta I.$$

$$17. L = \mathcal{E}_{is} \frac{\Delta t}{\Delta I}.$$

Программа 33.2			Инструкция к программе 33.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		1	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ В/0 С/П
04	П 4	44	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 5	45	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	П 6	46		P 1 - L	(L) П 1
07	П 7	47		P 2 - n	(n) П 2
08	ИП 9	6-		P 3 - ΔΦ	(ΔΦ) П 3
09	С/П	50		P 4 - ΔI или I для задач 5, 6	(ΔI или I) П 4
10	ИП 1	61		P 5 - Δt	(Δt) П 5
11	ИП 2	62		P 6 - ε _i или ε _{is}	(ε _i или ε _{is}) П 6
12	ИП 3	63		P 7 - Φ для задач 6, 7	(Φ) П 7
13	ИП 4	64		P Д - И	(И) П Д
14	x	12		I = 0, если определяются величины L, n, ΔΦ, ΔI, I для задач 7, 9, 12, 13, 15, 17	
15	x	12		I = 1, если определяются величины ε _i , ε _{is} , Δt, Φ для задач 8, 10, 11, 14, 16	
16	x	12			
17	ИП 5	65			
18	ИП 6	66			
19	ИП 7	67			
20	x	12			
21	x	12	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	С/П
22	÷	13			
23	П 9	49			
24	ИП Д	6Г			
25	F x=0	5Е			
26	00	00			
27	ИП Д	69			
28	F 1/x	23			
29	П 9	49			
30	БП	51			
31	00	00			

Время вычисления – 9 с

Контрольная задача к программе 33.2

18. При равномерном изменении силы тока от 1 до 6 А за 0,1 с в катушке возникает ЭДС самоиндукции 50 В. Какова индуктивность катушки?

Решение

$$\Delta I = I_2 - I_1, \Delta I = 6 \text{ А} - 1 \text{ А} = 5 \text{ А};$$

$$L = \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t}{\Delta I}, L = \frac{50 \text{ В} \cdot 0,1 \text{ с}}{5 \text{ А}} = 1 \text{ Гн.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 33.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 33.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: P 4 - ΔI = (6-1) А P 5 - Δt = 0.1 с P 6 - ε _{is} = 50 В P Д - И = 0 Вычислить L Результат вычисления: L = 1 Гн	6 ↑ 1-П 4 0.1 П 5 50 П 6 0 П Д С/П	5. 1. -01 50. 0. 1.
6			

Программа 33.2.А

алг программа 33.2.А (вещ ΔI, Δt, ε_{is}, L)

арг ΔI, Δt, ε_{is}
рез L

нач

$$L := \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t}{\Delta I}$$

кон

19. Проволочная рамка площадью S равномерно вращается с частотой v в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} вокруг оси, перпендикулярной направлению поля (рис. 33). Рамка состоит из n витков. Определить максимальное значение ЭДС, равное ε₀, в рамке и значение ЭДС, равное ε_i, в момент времени t.

Математическое описание задачи 19

$$\Phi = nBS \cos \alpha;$$

$$\Phi_1 = nBS \cos 2\pi vt;$$

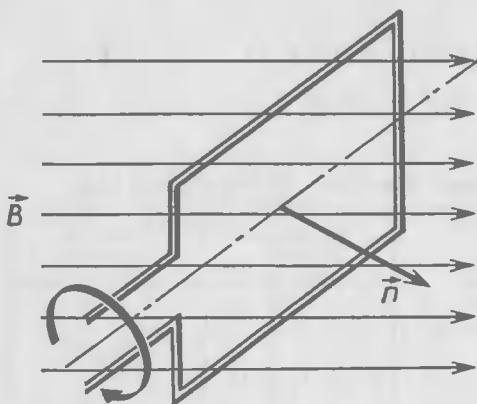
$$\Phi_2 = nBS \cos 2\pi v(t + \Delta t);$$

$$\Delta \Phi = \Phi_1 - \Phi_2 = -nBS2\pi v \Delta t \sin 2\pi vt;$$

$$\epsilon_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = nBS2\pi v \sin 2\pi vt.$$

Расчетные формулы

$$19. \epsilon_0 = 2\pi v n SB; \epsilon_i = \epsilon_0 \sin 2\pi vt.$$



(33)

Программа 33.3			Инструкция к программе 33.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	х	12	1	Включить ПМК	
01	х	12	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	↔	14	3	Ввести программу	По тексту программы
03	FП	20	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	2	02	5	Ввести начальные данные v , n , S , B в стек	$(v) \uparrow (n) \uparrow (S) \uparrow (B)$
05	х	12	6	Вычислить \mathcal{E}_0	B/0 С/П
06	х	12	7	Ввести в регистр Р х величину t	(t)
07	П 0	40	8	Вычислить \mathcal{E}_i в момент времени t	C/П
08	х	12		Для нового счета вернуться к п. 5	
09	П А	4-		Для расчета \mathcal{E}_i при том же \mathcal{E}_0 , но при другом t вернуться к п. 8	
10	С/П	50			
11	ИП 0	60			
12	х	12			
13	F sin	1C			
14	ИП А	6-			
15	х	12			
16	БП	51			
17		10			

Время вычисления—2 с

Контрольная задача к программе 33.3

20. Проволочная рамка площадью $S = 400 \text{ см}^2$ равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ вокруг оси, перпендикулярной направлению поля. Период вращения рамки $T = 0,05 \text{ с}$. Рамка состоит из $n = 300$ витков. Определить максимальное значение ЭДС, возникающей в рамке, и значение ЭДС в моменты времени 1 с и 0,5 с.

Решение

При равномерном вращении рамки вокруг оси с угловой скоростью ω магнитный поток, пронизывающий площадь, ограниченную витком, непрерывно меняется с течением времени по закону $\Phi = BS \cdot \cos \alpha$. В момент времени, равный t , имеем $\alpha = \omega t$ и $\Phi_1 = BS \cdot \cos \omega t$, а в момент времени $t + \Delta t$: $\Phi_2 = BS \cos \omega(t + \Delta t)$. За промежуток времени Δt магнитный поток изменится на $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = BS (\cos \omega(t + \Delta t) - \cos \omega t) = BS (\cos \omega t \cos \omega \Delta t - \sin \omega t \sin \omega \Delta t - \cos \omega t)$. При $\Delta t \rightarrow 0$ $\cos \omega \Delta t \approx 1$ и $\sin \omega \Delta t \approx \cos \omega \Delta t$, поэтому $\Delta\Phi = -BS \omega \Delta t \sin \omega t$.

ЭДС индукции в одном витке $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = BS \omega \sin \omega t$; в n витках ЭДС индукции будет в n раз больше, т. е. $\mathcal{E}_i = nBS \omega \sin \omega t$, или $\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$, где $\mathcal{E}_0 = nBS \omega$.

Значение угловой скорости: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, а $\nu = \frac{1}{T}$.

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_0 = \frac{2\pi nBS}{T} = 2\pi\nu nSB,$$

$$\mathcal{E}_0 = 2\pi \cdot 20 \text{ Гц} \cdot 300 \cdot 0,04 \text{ м}^2 \cdot 0,02 \text{ Тл} \approx 30 \text{ В}; \\ \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_0 \sin 2\pi\nu t, \mathcal{E}_i(t=1\text{с}) = 30 \text{ В} \cdot \sin 2\pi \cdot 20 \text{ Гц} \cdot 1\text{с} = 0 \text{ В}, \\ \mathcal{E}_i(t=0,5 \text{ с}) = 30 \text{ В} \cdot \sin 2\pi \cdot 20 \text{ Гц} \cdot 0,5 \text{ с} = 0 \text{ В}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 33.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 33.3		
5	Ввести в стек начальные данные: $v = (1/0,05) \text{ Гц}$; $n = 300$; $S = 0,04 \text{ м}^2$; $B = 0,02 \text{ Тл}$	0,05 F 1/x ↑ 300 ↑ 0,04 ↑ 0,02 B/0 C/П	0,02 30,159288
6	Вычислить \mathcal{E}_0	1	1.
7	Ввести $t = 1 \text{ с}$ в РХ	C/П	-1,2063715 -04
8	Вычислить \mathcal{E}_i при $t = 1 \text{ с}$		
7	Перейти к п. 7		
7	Ввести $t = 0,5 \text{ с}$ в РХ	0,5	0,5
8	Вычислить \mathcal{E}_i при $t = 0,5 \text{ с}$	C/П	-6,0318576 -05
	Результат вычислений: $\mathcal{E}_0 \approx 31,16 \text{ В}$; $\mathcal{E}_i(t=1 \text{ с}) \approx 0 \text{ В}$; $\mathcal{E}_i(t=0,5 \text{ с}) \approx 0 \text{ В}$		

Программа 33.3.А

алг программа 33.3.А (вещ v , n , S , B , \mathcal{E}_0 , \mathcal{E}_i , t)

арг v , n , S , B , t

рез \mathcal{E}_0 , \mathcal{E}_i

нач

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_0 &= 2\pi nSB \\ \mathcal{E}_i &= \mathcal{E}_0 \sin 2\pi vt\end{aligned}$$

кон

Энергия магнитного поля катушки индуктивностью L равна W_m при протекании по обмотке силы тока I . Определить значения величин по известным данным:

21. W_m по известным L и I .
22. L по известным W_m и I .
23. I по известным W_m и L .

Математическое описание задач 21–23

$\mathcal{E}_{is} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = L \frac{I}{t}$, где t – время, за которое сила тока убывает от 1 до 0;

$q = I_{cp}t$, где q – заряд, прошедший в цепи за время t ;

$$A = q \mathcal{E}_{is} = \frac{It}{2} \frac{LI}{t} = \frac{LI^2}{2};$$

$$W_m = A = \frac{LI^2}{2}.$$

Расчетные формулы

21. $W_m = LI^2/2$. 22. $L = 2W_m/I^2$. 23. $I = \sqrt{2W_m/L}$.

Программа 33.4			Инструкция к программе 33.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		01	1	Включить ПМК	
01	П А	4-	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П В	4L	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П С	4C			
04	ИП 9	69	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A – W _m P B – L P C – I P D – И	B/0 С/П (W _m) П А (L) П В (I) П С (И) П Д
06		02			
07	ИП А	6-			
08	ИП В	6L			
09	ИП С	6C			
10	F x ²	22		I = -1 для задачи 21	
11	x	12		I = 1 для задачи 22	
12	÷	13		I = 0 для задачи 23	
13	x	12	6	Вычислить исходную величину Для нового счета вернуться к п. 5	С/П

Программа 33.4			Инструкция к программе 33.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
14	П 9	49			
15	ИП Д	6Г			
16	F x < 0	5С			
17	21	21			
18	ИП 9	69			
19	F 1/x	23			
20	П 9	49			
21	ИП Д	6Г			
22	F x = 0	5Е			
23	00	00			
24	ИП 9	69			
25	F √	21			
26	П 9	49			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления – 5 с

Контрольная задача к программе 33.4

24. Определить энергию магнитного поля катушки индуктивностью 0,8 Гн, если по ней проходит ток 4 А.

Решение

$$W_m = \frac{LI^2}{2}, \quad W_m = \frac{0,8 \text{ Гн} \cdot (4 \text{ А})^2}{2} = 6,4 \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 33.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 33.4		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P B – L = 0,8 Гн P C – I = 4 А P D – И = -1	0,8 П В 4 П А 1 /- П Д С/П	8. -01 4. -1. 6.4
6	Вычислить исходную величину W_m Результат вычисления: $W_m = 6,4$ Дж		

Программа 33.4.А

алг программа 33.4.А (вещ W_m , L , I , $И$)

арг W_m , L , I , $И$

рез W_m , L , I

```

нач
  если И = -1
    то Wm := LI2/2
  иначе
    если И = 0
      то I := √(2Wm/L)
    иначе L := 2Wm/I2
  все
кон

```

25. В катушке без сердечника сила тока за время Δt возросла от величины I_1 до I_2 , при этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции \mathcal{E}_{is} . Определить, как изменилась энергия магнитного поля катушки.

Математическое описание задачи 25

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{is} &= -L \frac{\Delta I}{\Delta t}; \Delta I = I_2 - I_1; \\ L &= \frac{E \Delta t}{I_2 - I_1}; \Delta W_m = W_{m2} - W_{m1}; \\ \Delta W_m &= \frac{LI_2^2}{2} - \frac{LI_1^2}{2} = \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t (I_2^2 - I_1^2)}{2(I_2 - I_1)}.\end{aligned}$$

Расчетная формула

$$25. \Delta W = \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t (I_2 + I_1)}{2}.$$

Программа 33.5			Инструкции к программе 33.5		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	x	12	1	Включить ПМК	
01	ИП 1	61	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП 2	62	3	Ввести программу	По тексту программы
03	+	10			
04	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
05	2	02	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—I ₁ P 2—I ₂	(I ₁) П 1 (I ₂) П 2
06	÷	13			
07	С/П	50			
08	БП	51			
09	00	00	6	Ввести в стек \mathcal{E}_{is} и Δt Вычислить ΔW_m Для нового счета вернуться к п. 5	(\mathcal{E}_{is}) ↑ (Δt) C/П

Время вычисления – 2 с

Контрольная задача к программе 33.5

26. В катушке без сердечника за 0,01 с ток возрос от 1 А до 2 А. При этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции, равная 20 В. Определить изменение энергии магнитного поля катушки.

Решение

$$\Delta W_m = \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t (I_2 + I_1)}{2},$$

$$\Delta W_m = \frac{20 \text{ В} \cdot 0,01 \text{ с} (2 \text{ А} + 1 \text{ А})}{2} = 0,3 \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 33.5

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 33.5		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—I ₁ = 1 А P 2—I ₂ = 2 А Ввести в стек \mathcal{E}_{is} = 20 В; Δt = 0,01 с Вычислить ΔW_m Результат вычисления: ΔW_m = 0,3 Дж	1 П 1 2 П 2 20 ↑ 0,01 С/П	1. 2. 0,01 0,3
6			

Программа 33.5.А

алг программа 33.5.А (вещ I_1 , I_2 , \mathcal{E}_{is} , Δt , ΔW_m)

арг I_1 , I_2 , \mathcal{E}_{is} , Δt

рез ΔW_m

нач

$$\Delta W_m := \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t (I_2 + I_1)}{2}$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 33.1–33.5: Р., № 917–928, 931–933, 987–989.

ГЛАВА 11. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

§ 34. Колебательный контур

Колебательный контур индуктивностью L и емкостью C имеет собственную частоту колебаний v . Определить значения величин по известным данным:

1. v по известным L и C .

2. L по известным v и C .

3. C по известным v и L .

Математическое описание задач 1–3

$$T = 2\pi \sqrt{LC};$$

$$v = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}.$$

Расчетные формулы

$$1. v = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}}. \quad 2. L = \frac{1}{4\pi^2 v^2 C}. \quad 3. C = \frac{1}{4\pi^2 v^2 L}.$$

Контрольная задача к программе 34.1

4. Определить частоту колебаний в контуре, имеющем катушку индуктивности, у которой $L = 1,5 \text{ мГн}$, и конденсатор, у которого емкость $C = 450 \text{ пФ}$.

Решение

$$v = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}},$$

$$v = \frac{1}{2\pi \sqrt{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot 4,5 \cdot 10^{-10} \Phi}} \approx 2 \cdot 10^5 \text{ Гц.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 34.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 34.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P1 - C = 4,5 \cdot 10^{-10} \Phi$ $P2 - L = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ $PD - I = 0$ Вычислить v Результат вычисления: $v \approx 194 \text{ кГц}$	4.5 ВП /-/ 10 П 1 1.5 ВП /-/ 3 П 2 0 П Д С/П	4.5 –10 1.5 –03 0. 193717.23
6			

Программа 34.1.А

алг программа 34.1.А (веп X, C, L, v, I)

арг C, L, v, I

рез X

нач

$C := 1; L := 1; v := 1$

ввод C, L, v

$X := 1/(2\pi v \sqrt{LC})$

если $I \neq 0$

то $X := X^2$

все

вывод X

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программе 34.1: Р.,

№ 978–981.

11

§ 35. Гармонические колебания. Переменный ток

1. Колебания электрического тока происходят по синусоидальному закону с частотой v . Определить мгновенное значение силы тока i в момент времени t , если его максимальное значение I_m .

2. Колебания ЭДС в сети переменного тока происходят с частотой v по синусоидальному закону. Определить мгновенное значение ЭДС в момент времени t , если ее максимальное значение \mathcal{E}_m .

Математическое описание задач 1, 2

$$i = I_m \sin 2\pi v t; \quad e = \mathcal{E}_m \sin 2\pi v t.$$

Расчетные формулы

1. $i = I_m \sin 2\pi v t$. 2. $e = \mathcal{E}_m \sin 2\pi v t$.

Программа 35.1			Инструкция к программе 35.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П А	4-	1	Включить ПМК	
01	П В	4L	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П С	4C	3	Ввести программу	По тексту программы
03	2	02	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
04	F π	20	5	Вернуться в нулевой адрес	B/O
05	ИП В	6L			
06	ИП С	6C	6	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - I_m или \mathcal{E}_m P B - v P C - t	(I_m или \mathcal{E}_m) ПП (v) ПП (t) ПП
07	x	12			
08	x	12			
09	x	12			
10	F sin	1C	7	Вычислить i или e	C/П
11	ИП А	6-		Для нового счета вернуться к п. 5	
12	x	12			
13	С/П	50			

Время вычисления—2 с

Контрольная задача к программе 35.1

3. Сила тока в цепи изменяется с течением времени по закону $i = 5 \sin 200\pi t$, где t выражено в секундах. Определить силу тока в момент времени $t = 10^{-3}$ с после начала колебаний.

Решение

$$i = I_m \sin 2\pi v t,$$

$$i = 5 \text{ A} \cdot \sin 2\pi \cdot 100 \text{ Гц} \cdot 10^{-3} \text{ с} \approx 3 \text{ A}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 35.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-5	См. инструкцию к программе 35.1		
6	Ввести начальные данные в регистры памяти: P A - $I_m = 5$ А P B - $v = 100$ Гц P C - $t = 10^{-3}$ с	5 ПП 100 ПП Сх ВП/-/3 П П С/П	5. 100. 1. -03 29389265
7	Вычислить i Результат вычисления: $i \approx 2,94$ А		

Программа 35.1.А

алг программа 35.1.А (вещ x_m , v , t , x)

арг x_m , v , t

рез x

нач

$$x := x_m \sin 2\pi v t$$

кон

4. Определить в момент времени t мгновенные значения напряжения u , заряда q и силы тока i , колеблющегося с частотой v , на обкладках конденсатора емкостью C при амплитуде колебаний напряжения на его обкладках U_m . За момент времени $t = 0$ принять момент зарядки конденсатора до максимального значения.

Математическое описание задачи 4

$$u = U_m \cos 2\pi v t;$$

$$q = U_m C \cos 2\pi v t;$$

$$i = U_m C 2\pi v \sin 2\pi v t.$$

Расчетные формулы

4. $u = U_m \cos 2\pi v t$; $q = uC$;
 $i = -U_m C 2\pi v \sin 2\pi v t$.

Программа 35.2			Инструкция к программе 35.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	F π	20	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	2	02	3	Ввести программу	По тексту программы
03	x	12			
04	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	П 3	43	5	Переключатель Р-Г установлен	V/B

Продолжение

Программа 35.2			Инструкция к программе 35.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
06	x	12		вить в крайнее левое положение	
07	F sin	1C	6	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-v P 1-U _m P 2-C	(v) П 0 (U _m) П 1 (C) П 2
08	P 4	44		Ввести <i>t</i> в РХ	(t)
09	F Bx	0		Вычислить <i>u</i>	C/П
10	F cos	1F		Вычислить <i>q</i>	C/П
11	ИП 1	61	7	Вычислить <i>i</i>	C/П
12	x	12	8	Для нового счета вернуться к п. 6	
13	С/П	50	9	Если вычисления производятся при тех же параметрах <i>v</i> , <i>U_m</i> , <i>C</i> , то вернуться к п. 7	
14	ИП 2	62	10		
15	x	12			
16	С/П	50			
17	ИП 1	61			
18	ИП 2	62			
19	ИП 3	63			
20	ИП 4	64			
21	x	12			
22	x	12			
23	x	12			
24	С/П	50			
25	БП	51			
26	00	00			

Время вычисления *u* равно 3 с, *q*-1 с, *i*-1 с

Контрольная задача к программе 35.2

5. Найти мгновенные значения напряжения, заряда и силы переменного тока с частотой 50 Гц на обкладках конденсатора емкостью 1 мкФ при амплитуде колебаний напряжения на обкладках, равной 100 В, через *T*/4 периода.

Решение

$$t = T/4 = 1/4v, t = 0,005 \text{ с};$$

$$u = U_m \cos 2\pi v t, u = 100 \text{ В} \cdot \cos 2\pi \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ с} = 0 \text{ В};$$

$$q = uC, q = 0 \text{ В} \cdot 10^{-6} \Phi = 0 \text{ Кл};$$

$$i = U_m C 2\pi v \sin 2\pi v t,$$

$$i = 100 \text{ В} \cdot 10^{-6} \Phi \cdot 2\pi \cdot 50 \text{ Гц} \cdot \sin 2\pi \cdot 50 \text{ Гц} \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ с} \approx 0,03 \text{ А.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 35.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-5	См. инструкцию к программе 35.2		
6	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-v=50 Гц P 1-U _m =100 В P 2-C=10 ⁻⁶ Ф	50 П 0 100 П 1 Cx ВП /-/ 6 П 2 0.005	50. 100. 1. -06 0.005
7	Ввести <i>t</i> в РХ	C/П	
8	Вычислить <i>u</i> Вычислить <i>q</i> Вычислить <i>i</i> Результат вычислений: <i>u</i> = 0 В; <i>q</i> = 0 Кл; <i>i</i> = 0,031 А	C/П C/П C/П	0: 0. 3.1415926 -02

Программа 35.2.А

алг программа 35.2.А (вещ *t*, *v*, *U_m*, *C*, *u*, *q*, *i*)

арг *t*, *v*, *U_m*, *C*

рез *u*, *q*, *i*

нач вещ *x*

$$x := 2\pi v$$

$$u := U_m \cos xt$$

$$q := uC$$

$$i := U_m C x \sin xt$$

кон

6. Подсчитать потери энергии *Q* в проводах, если передаваемая мощность равна *P*, сопротивление линии *R*, время работы *t*, напряжение *U*, коэффициент мощности *k* = $\cos \varphi$.

Математическое описание задачи 6

$$P = IU \cos \varphi;$$

$$I = \frac{P}{U \cos \varphi}; Q = I^2 R t,$$

$$Q = \frac{P^2 R t}{U^2 \cos^2 \varphi} = \frac{P^2 R t}{U^2 k^2}.$$

Расчетная формула

$$6. Q = \frac{P^2 R t}{U^2 k^2}.$$

Программа 35.3			Инструкция к программе 35.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	5	05	1	Включить ПМК	
01	П 0	40	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	Сх	0Г			
03	П6	46			
04	ИП 9	69	3	Ввести программу	По тексту программы
05	С/П	50			
06	К П 6	L6	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
07	F L 0	5Г	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—P P 2—U P 3—k P 4—R P 5—t	B/0 С/П (P) С/П (U) С/П (k) С/П (R) С/П (t) С/П
08	05	05			
09	ИП 1	61			
10	ИП 2	62			
11	ИП 3	63			
12	x	12			
13	÷	13			
14	F x ²	22		Для нового счета вернуться к п. 5	
15	ИП 4	64			
16	ИП 5	65			
17	x	12			
18	x	12			
19	П 9	49			
20	БП	51			
21	00	00			

Время вычисления — 2 с

Контрольная задача к программе 35.3

7. Определить потери энергии в проводах, если передаваемая мощность $6 \cdot 10^7$ Вт, значение сопротивления линии равно 24 Ом, а время работы линии равно 1 ч. Электрическая энергия ГЭС передается в город током под напряжением 12 кВ; $\cos \varphi = 0,95$.

Решение

$$Q = \frac{P^2 R t}{U^2 k^2},$$

$$Q = \frac{(6 \cdot 10^7 \text{ Вт})^2 \cdot 24 \text{ Ом} \cdot 3600 \text{ с}}{(12 \cdot 10^3 \text{ В})^2 \cdot (0,95)^2} \approx 2,39 \cdot 10^{12} \text{ Дж.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 35.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4	См. инструкцию к программе 35.3		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1—P = $6 \cdot 10^7$ Вт P 2—U = $12 \cdot 10^3$ В P 3—k = 0,95 P 4—R = 24 Ом P 5—t = $(60)^2$ с	6 ВП 7 С/П 12 ВП 3 С/П 0,95 С/П 24 С/П 60 F x ² С/П	6000000. 12000. 9,5 —01 24. 2,3933517 12
6	Считать с индикатора Q Результат вычисления: Q = $2,39 \cdot 10^{12}$ Дж		

Программа 35.3.А

алг программа 35.3.А (вещ P, U, k, R, t, Q)

арг P, U, k, R, t

рез Q

нач

$$Q := \left(\frac{P}{kU} \right)^2 R t$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 35.1—35.3: Р., № 993—995.

ГЛАВА 12. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

§ 36. Электромагнитные волны и скорость их распространения. Радиолокация

1. Определить скорость с электромагнитных колебаний в вакууме. Электрическая постоянная ϵ_0 , магнитная постоянная μ_0 .

2. Определить скорость электромагнитных колебаний v в среде с относительной диэлектрической проницаемостью ϵ и относительной магнитной проницаемостью μ . Электрическая постоянная ϵ_0 , магнитная постоянная μ_0 .

Математическое описание задач 1, 2

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}}; \quad \epsilon = 1; \quad \mu = 1; \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}.$$

Расчетные формулы

$$1. \quad c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}. \quad 2. \quad v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}}.$$

Программа 36.1			Инструкция к программе 36.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 2	42	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 3	43	3	Ввести программу	
03	ИП 9	69			
04	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
05	ИП 0	60	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-ε₀ P 1-μ₀ P 2-ε P 3-μ	B/0 F ПРГ По тексту программы B/0 С/П (ε₀) П 0 (μ₀) П 1 (ε) П 2 (μ) П 3
06	ИП 1	61			
07	ИП 2	62			
08	ИП 3	63			
09	х	12			
10	х	12	6	Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
11	х	12			
12	F √	21			
13	F 1/x	23			
14	П 9	49			
15	БП	51			
16	00	00			

Время вычисления—3 с

Контрольная задача к программе 36.1

3. Определить скорость распространения электромагнитной волны в воде.

Решение

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}},$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{8,854 \cdot 10^{-12} \Phi/m \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Гн}/m \cdot 80,08 \cdot 0,999991}} \approx 33\,500\,000 \text{ м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 36.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 36.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-ε₀=8.854·10⁻¹² Φ/м P 1-μ₀=4π·10⁻⁷ Гн/м P 2-ε=80.08 P 3-μ=0.999991	8.854 ВП /-12 П 0 4Fhx ВП /-7 П 1 80.08 П 2 0.999991 П 3 C/П	8.854 -12 1.256637 -06 80.08 9.99991 -01 33501578
6	Вычислить v Результат вычисления: $v \approx 33.5$ Мм/с		

Программа 36.1.А

алг программа 36.1.А (вещ ε₀, μ₀, ε, μ, v)

арг ε₀, μ₀, ε, μ
рез v

нач

$$\epsilon := 1; \mu := 1$$

ввод ε₀, μ₀, ε, μ

$$v := 1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}$$

вывод v

кон

Колебательный контур, состоящий из катушки индуктивностью L и конденсатора емкостью C , настроен на прием (или передачу) электромагнитных волн длиной λ . Скорость электромагнитных волн c . Определить значения величин по известным данным:

4. λ по известным L, C, c .

5. L по известным λ, C, c .

6. C по известным λ, L, c .

Математическое описание задач 4-6

$$c = \lambda v; v = 1/2\pi\sqrt{LC}.$$

Расчетные формулы

$$4. \lambda = 2\pi c \sqrt{LC}. 5. L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C}. 6. C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 L}.$$

Программа 36.2			Инструкция к программе 36.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	1	01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 2	42	3	Ввести программу	
03	П 3	43			
04	ИП 9	69			
05	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ
			5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 0-c P 1-C P 2-L P 3-λ P D-I	B/0 F ПРГ По тексту программы B/0 С/П (c) П 0 (C) П 1 (L) П 2 (λ) П 3 (D) П D
06	2	02			
07	F π	20			
08	х	12			
09	ИП 0	60			
10	ИП 1	61			
			6	И=0 для задачи 4 И=1 для задач 5, 6 Вычислить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
11	ИП 2	62			
12	х	12			
13	F √	21			
14	х	12			

Продолжение

Программа 36.2			Инструкция к программе 36.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
15	x	12			
16	ИП 3	63			
17	÷	13			
18	Π 9	49			
19	ИП Д	6Г			
20	F x=0	57			
21	00	00			
22	ИП 9	69			
23	F 1/x	23			
24	F x ²	22			
25	Π 9	49			
26	БП	51			
27	00	00			

Время вычисления—5 с

Контрольная задача к программе 36.2

7. Радиоприемник настроен в резонанс с передающей радиостанцией на длину волн, равную 300 м. Емкость колебательного контура 200 мкФ. На какую длину радиоволны будет настроен радиоприемник, если, не меняя индуктивности колебательного контура, изменить его емкость на 800 мкФ?

Решение

$$L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2 c^2 C_1}, \quad L = \frac{(300 \text{ м})^2}{4\pi^2 (2,99 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \Phi} \approx 12,8 \text{ нГн};$$

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}, \quad \lambda = 2\pi \cdot 2,99 \cdot 10^8 \text{ м/с} \times$$

$$\times \sqrt{1,28 \cdot 10^{-10} \text{ Гн} \cdot 8 \cdot 10^{-4} \Phi} = 600 \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 36.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 36.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0—c = 2,99 · 10 ⁸ м/с Р 1—C = C ₁ = 2 · 10 ⁻⁴ Ф Р 3—λ = 300 м Р Д—И=1 Вычислить L Перейти к п. 5	299 ВП 6 П 0 2 ВП /—/ 4 П 1 300 П 3 1 П Д С/П	2.99 08 2. -04 300. 1. 1.2750007-10

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
5'	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 2—L = 1,2750007 · 10 ⁻¹⁰ Гн Р 1—C = C ₂ = 8 · 10 ⁻⁴ Ф (с можно не восстанавливать) Р Д—И=0 Вычислить λ Результат вычисления: λ = 600 м	П 2 8 ВП /—/ 4 П 1 0 П Д С/П	1.2750007-10 8. -04 0. 600.00001
6'			

Программа 36.2.А

алг программа 36.2.А (вещ c, L, C, λ, И, X)

арг c, L, C, λ, И

рез X

нач

L := 1; C := 1; λ := 1
ввод c, λ, C, L, И

$$X := \frac{2\pi c \sqrt{LC}}{\lambda}$$

если И ≠ 0

то X := 1/X²

все

вывод X

кон

8. Определить расстояние R до объекта, если электромагнитная волна, отразившись от него, вернулась за время t.

9. Определить максимальное расстояние R_{max} обнаружения объекта радиолокационной станцией, если длительность промежутка между импульсами t_и. Скорость распространения волны c.

10. Определить время t, необходимое для прихода отраженной волны от объекта, находящегося на расстоянии R. Скорость распространения волны c.

Математическое описание задач 8-10

$$l = ct, \quad l = 2R;$$

$$R = \frac{ct}{2}; \quad R_{\max} = \frac{ct_i}{2}.$$

Расчетные формулы

$$8. R = \frac{ct}{2} \quad 9. R_{\max} = \frac{ct_i}{2} \quad 10. t = \frac{2R}{c}.$$

Программа 36.3			Инструкция к программе 36.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	К НОП	54	1	Включить ПМК	
01	С/П	50	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	П 1	41	3	Ввести программу	
03	ИП Д	6Г			
04	F x=0	5E	4	Перейти в режим F АВТ	
05	12	12	5	Ввести <i>c</i> в Р 0	
06	ИП 1	61		И в П Д	
07	ИП 0	60		И=0 для задач 8, 9	
08	2	02	6	И=1 для задачи 10	
09	÷	13		Ввести <i>R</i> , <i>t_и</i> , <i>t</i> в РХ (в зависимости от задачи)	
10	x	12	7	Вычислить неизвестную величину	
11	B/0	52		Для нового счета вернуться к п. 5	
12	2	02			
13	ИП 1	61			
14	ИП 0	60			
15	÷	13			
16	x	12			
17	B/0	52			

Время вычисления—2 с

Контрольная задача к программе 36.3

11. Определить время *t*, которое требуется для ожидания отраженного радиоимпульса от поверхности планеты Венера, если она удалена от Земли на 108 млн. км. Время ожидания считать от начала посылки сигнала до его приема после отражения от Венеры (ответ дать в минутах).

Решение

$$t = \frac{2R}{c}, \quad t = \frac{2 \cdot 1,08 \cdot 10^{11} \text{ м}}{2,99 \cdot 10^8 \text{ м/с}} \approx 720 \text{ с} = 12 \text{ мин.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 36.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4	См. инструкцию к программе 36.3		
5	Ввести <i>c</i> = $2,99 \cdot 10^8$ м/с в Р 0 Р Д—И=1	299 ВП 6 П0 1 ПД	2.99 08 1.
6	Ввести <i>R</i> = $1,08 \cdot 10^{11}$ м в РХ	108 ВП 9	108. 09
7	Вычислить <i>t</i> Результат вычисления: <i>t</i> ≈12 мин	С/П 60 ±	722.40802 12.040133

Программа 36.3.А

алг программа 36.3.А (вещ *c*, *R*, *t*, И)

арг *c*, *R*, *t*, И

рез *R*, *t*

нач

если И=0

$$\underline{\text{то}} \quad R := \frac{ct}{2}$$

$$\underline{\text{иначе}} \quad t = \frac{2R}{c}$$

все

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 36.1—36.3:
Р., № 1044, 1045, 1047—1052, 1150.

§ 37. Волновая оптика

1. Определить число *n* полуволн, укладывающихся на разности хода *Δl*. Длина волны *λ*.

Математическое описание задачи 1

$$\Delta l = 2k \frac{\lambda}{2} \text{ — условие максимума; } \Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2} \text{ — условие минимума;}$$

$$n = 2k; \quad n = 2k + 1; \quad n = \frac{2\Delta l}{\lambda}.$$

Расчетная формула

$$1. \quad n = \frac{2\Delta l}{\lambda}.$$

Программа 37.1			Инструкция к программе 37.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	ИП А	6—	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	÷	13	3	Ввести программу	
03	2	02			
04	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0— <i>Δl</i> Р А— <i>λ</i> Вычислить <i>n</i> Для нового счета вернуться к п. 5	
			6		

Время вычисления—1 с

Контрольная задача к программе 37.1

2. Разность хода двух когерентных волн с одинаковыми амплитудами $\Delta l = 0,12$ м, длина волны $\lambda = 0,08$ м. Каков результат интерференции двух волн?

Решение

$$n = \frac{2\Delta l}{\lambda}, n = \frac{2 \cdot 0,12 \text{ м}}{0,08 \text{ м}} = 3;$$

n – нечетное число; следовательно, наблюдается минимум.

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 37.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4 5	См. инструкцию к программе 37.1 Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 0 – $\Delta l = 0,12$ м Р А – $\lambda = 0,08$ м	0,12 П 0 0,08 П А С/П	1.2 –01 8. –02 3.
6	Вычислить n Результат вычисления: минимум, так как $n = 2k + 1$		

Программа 37.1.А

алг программа 37.1.А (вещ $\Delta l, \lambda, n$)

арг $\Delta l, \lambda$

рез n

нач

$$n := \frac{2\Delta l}{\lambda}$$

кон

3. Расстояние между двумя когерентными источниками света d , а расстояние до экрана, расположенного параллельно линии, соединяющей источники, r (рис. 34). Определить разность хода лучей Δl в точке, отстоящей на расстоянии x от центра экрана.

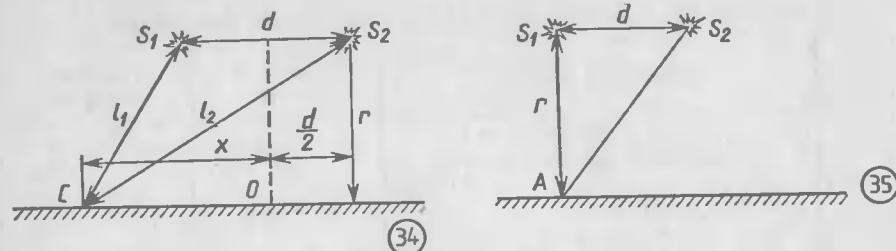
Математическое описание задачи 3

$$\Delta l = l_2 - l_1;$$

$$l_2^2 - l_1^2 = r^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2 - r^2 - \left(x - \frac{d}{2}\right)^2;$$

$$(l_2 + l_1)(l_2 - l_1) = \left(x + \frac{d}{2} + x - \frac{d}{2}\right) \left(x + \frac{d}{2} - x + \frac{d}{2}\right);$$

$$(l_2 + l_1)\Delta l = 2xd.$$



При интерференции $d \ll r, x \ll r$; следовательно, $l_1 = l_2 = r$;
 $2r\Delta l = 2xd$.

Расчетная формула

$$3. \Delta l = \frac{xd}{r}.$$

Программа 37.2			Инструкция к программе 37.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП А	6-	1	Включить ПМК	
01	ИП В	6L	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП С	6C	3	Ввести программу	По тексту программы F АВТ В/0
03	÷	13			
04	x	12	4	Перейти в режим F АВТ	
05	С/П	50	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	БП	51		Р А – x	(x) П А
07	00	00		Р В – d	(d) П В
				Р С – r	(r) П С
			6	Вычислить Δl	С/П
				Для нового счета вернуться к п. 5	

Время вычисления – 1 с

Контрольная задача к программе 37.2

4. Определить разность хода двух лучей, идущих от когерентных источников, расстояние между которыми 15 мм, в точке на экране под одним из них (рис. 35). Расстояние до экрана 1 м.

Решение

$$x = \frac{d}{2}, x = \frac{0,015 \text{ м}}{2} \approx 0,0075 \text{ м};$$

$$\Delta l = \frac{xd}{r}, \Delta l = \frac{7,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}}{1 \text{ м}} \approx 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 37.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4 5	См. инструкцию к программе 37.2 Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_B - d = 0.015 \text{ м}$ $P_A - x = \frac{d}{2} = (0.015 : 2) \text{ м}$ $P_C - r = 1 \text{ м}$ Вычислить Δl Результат вычисления: $\Delta l = 1.125 \cdot 10^{-4} \text{ м}$	0.015 П В 2 ÷ ПА 1 П С С/П	1.5 -02 7.5 -03 1. 1.125 -04
6			

Программа 37.2.А

алг программа 37.2.А (вещ $d, x, r, \Delta l$)

арг x, d, r

рез Δl

нач

$$\Delta l := \frac{xd}{r}$$

кон

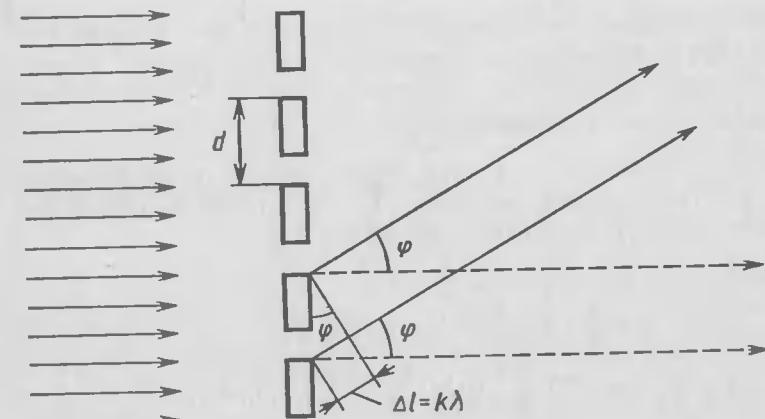
На рисунке 36 изображена дифракционная решетка с периодом, равным d . Разность хода от соседних щелей, выраженная в длинах волн, k (номер дифракционного максимума). Длина волны λ . Определить значения величин по известным данным:

5. k по известным λ, d, φ .

7. d по известным k, λ, φ .

6. λ по известным k, d, φ .

8. φ по известным k, λ, d .



(36)

Математическое описание задач 5-8

$$\Delta l = d \sin \varphi, \Delta l = k\lambda;$$

$$k\lambda = d \sin \varphi.$$

Расчетные формулы

$$5. k = \frac{d \sin \varphi}{\lambda}.$$

$$6. \lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}.$$

$$7. d = \frac{k\lambda}{\sin \varphi}.$$

$$8. \varphi = \arcsin \frac{k\lambda}{d}.$$

Программа 37.3			Инструкция к программе 37.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00		01	1	Включить ПМК	
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П 2	42	3	Ввести программу	По тексту программы
03	П 3	43			F АВТ B/0 С/П
04	F arcsin	19	4	Перейти в режим F АВТ	
05	П 4	44	5	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, в которой выражается угол φ	
06	ИП 9	69		Ввести начальные данные в регистры памяти:	
07	С/П	50		$P 1 - k$	(k) П 1
08	ИП 1	61	6	$P 2 - \lambda$	(λ) П 2
09	ИП 2	62		$P 3 - d$	(d) П 3
10	ИП 3	63		$P 4 - \varphi$	(φ) П 4
11	ИП 4	64		$P D - I$	(И) ПД
12	F sin	1C		I=0 для задач 5, 6	
13	x	12		I=1 для задачи 7	
14	÷	13		I=-1 для задачи 8	
15	x	12		Вычислить искомую величину	
16	П 9	49	7	Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
17	ИП Д	6Г			
18	F x=0	5E			
19	23	23			
20	ИП 9	69			
21	F 1/x	23			
22	П 9	49			
23	ИП Д	6Г			
24	F x<0	5C			
25	00	00			
26	ИП 9	69			
27	F arcsin	19			
28	П 9	49			
29	БП	51			
30	00	00			

Время вычисления—8 с

Контрольная задача к программе 37.3

9. Дифракционная решетка имеет 50 штрихов на 1 мм. Под какими углами видны максимумы первого и второго порядков монохроматического излучения длиной волны 400 нм?

Решение (См. уравнения, описывающие условия задач 5–8.)

$$d = \frac{1}{n}, d = \frac{1 \text{ мм}}{50} = 0,02 \text{ мм};$$

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{k_1 \lambda}{d}, \varphi_1 = \arcsin \frac{1 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ м}} \approx 1^\circ;$$

$$\varphi_2 = \arcsin \frac{k_2 \lambda}{d}, \varphi_2 = \arcsin \frac{2 \cdot 4 \cdot 10^{-7} \text{ м}}{2 \cdot 10^{-5} \text{ м}} \approx 2^\circ.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 37.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 37.3		
5	Переключатель Р–Г установить в положение Г	B/0 С/П	
6	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1–k = 1 Р 2–λ = 4 · 10 ⁻⁷ м Р 3–d = 2 · 10 ⁻⁵ м Р Д–И = -1 Вычислить φ (k = 1) Перейти к п. 5	1 П 1 4 ВП /–/ 7 П 2 2 ВП /–/ 5 П 3 1 /–/ П Д С/П	1. 4. -07 2. -05 -1. 1.145992
7	Перейти к п. 6, так как угол φ изменяется в тех же единицах Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1–k = 2 Р 2–λ = 4 · 10 ⁻⁷ м Р 3–d = 2 · 10 ⁻⁵ м (И можно не восстанавливать) Вычислить φ (k = 2) Результат вычислений: φ (k = 1) ≈ 1° 8' 45"; φ (k = 2) ≈ 2° 17' 32"	2 П 1 4 ВП /–/ 7 П 2 2 ВП /–/ 5 П 3 С/П	2. 4. -07 2. -05 2.2924428

Программа 37.3.A

алг программа 37.3.A (вещ φ, k, λ, d, И, x)

арг φ, k, λ, d, И

рез x

нач

φ := arcsin 1; k := 1; λ := 1; d := 1

ввод φ, k, λ, d, И

$$x := \frac{r\lambda}{d \sin \varphi}$$

если И = 0

то x := 1/x

если И < 0

то x := arcsin x

все

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 37.1–37.3:
P., № 1038, 1039, 1161, 1163–1165, 1169, 1171–1174.

ГЛАВА 13. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

§ 38. Релятивистский закон сложения скоростей

1. Найти скорость относительного движения двух тел $v_{\text{отн}}$, если их скорости в системе отсчета наблюдателя v и u . Скорость света в вакууме c .

Математическое описание задачи 1

$$v_{\text{отн}} = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}.$$

Расчетная формула

$$1. v_{\text{отн}} = \frac{u + v}{1 + \frac{uv}{c^2}}.$$

Программа 38.1			Инструкция к программе 38.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П 1	41	1	Включить ПМК	
01	П 2	42	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	+	10	3	Ввести программу	
03	ИП 2	62			
04	ИП 1	61	4	Перейти в режим F АВТ	
05	ИП 0	60	5	Ввести скорость света c в Р0	
06	F x ²	22	6	Вернуться на нулевой адрес	
07	÷	13	7	Ввести v в регистры РУ и Р1 в РХ и Р2–и	
08	x	12			
09	1	01	8	Вычислить $v_{\text{отн}}$	
10	+	10		Для нового счета вернуться к п. 6	
11	÷	13			
12	С/П	50			

Время вычисления – 2 с

Контрольная задача к программе 38.1

2. Определить относительную скорость двух космических кораблей, движущихся в противоположные стороны со скоростями 0,8 с, в системе отсчета, связанной с Землей.

Решение

$$v_{\text{отн}} = \frac{u+v}{1+\frac{uv}{c^2}},$$

$$v_{\text{отн}} = \frac{0,8 \text{ с} + 0,8 \text{ с}}{1 + \frac{0,8 \text{ с} \cdot 0,8 \text{ с}}{(1 \text{ с})^2}} = 0,98 \text{ с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 38.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 38.1		
5	Ввести $c=1$ с в Р0	1 П 0	1.
6	Вернуться на нулевой адрес	B/0	
7	Ввести в РУ и Р1— $v=0.8$ с в РХ и Р2— $u=0.8$ с	0.8 ПП 0.8	8. -01 0.8
8	Вычислить $v_{\text{отн}}$ Результат вычисления: $v_{\text{отн}}=0.9756$ с	C/П	9.7560975 -01

Программа 38.1.А

алг программа 38.1.А (вещ v , u , c , $v_{\text{отн}}$)

арг c , v , u

рез $v_{\text{отн}}$

нач

$$v_{\text{отн}} := (u+v) / \left(1 + \frac{uv}{c^2}\right)$$

кон

§ 39. Зависимость массы тела от скорости.

Закон взаимосвязи массы и энергии

1. Определить массу m тела, движущегося со скоростью v , если его масса в состоянии покоя m_0 , а скорость света c .

2. Определить массу покоя m_0 тела, если при его движении со скоростью v оно имеет массу m . Скорость света c .

3. Определить длину l тела, движущегося со скоростью v , если его длина в состоянии покоя l_0 . Скорость света c .

4. Определить длину l_0 тела в покое, если при движении со скоростью v его длина l . Скорость света c .

5. Определить промежуток времени τ , прошедший между двумя событиями, в системе отсчета, движущейся со скоростью v , если в покоящейся системе отсчета промежуток времени между теми же событиями составил τ_0 . Скорость света c .

6. Определить промежуток времени τ_0 между двумя событиями в покоящейся системе отсчета, если промежуток времени между теми же двумя событиями в движущейся системе отсчета составил τ . Скорость света c .

Математическое описание задач 1-6

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

Расчетные формулы

$$1. m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

$$2. m_0 = m \sqrt{1-v^2/c^2}.$$

$$3. l = l_0 \sqrt{1-v^2/c^2}$$

$$4. l_0 = \frac{l}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

$$5. \tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

$$6. \tau_0 = \tau \sqrt{1-v^2/c^2}.$$

Программа 39.1			Инструкция к программе 39.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	F x^2	22	1	Включить ПМК	
01	ИП 0	60	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	F x^2	22	3	Ввести программу	
03	÷	13			
04	1	01	4	Перейти в режим F АВТ	
05	↔	14	5	Ввести c в Р0	
06	-	11	6	Ввести v	
07	F $\sqrt{ }$	21	7	Ввести известную величину А	
08	ПВ	4L	8	Ввести И	
09	С/П	50		$I=19$ для задач 1, 4, 5	
10	ПА	4-		$I=21$ для задач 2, 3, 6	
11	С/П	50	9	Вычислить искомую величину	
12	ПД	4Г		Для нового счета вернуться к п. 6	
13	ИП А	6-			
14	ИП В	6L			
15	К ПП Д	-Г			
16	С/П	50			
17	БП	51			
18	00	00			
19	÷	13			
20	В/0	52			
21	х	12			
22	В/0	52			

Время вычисления—5 с

Контрольная задача к программе 39.1

7. Во сколько раз возрастет масса электрона при его движении в ускорителе со скоростью 0,999 с?

Решение

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, m = \frac{1 m_e}{\sqrt{1 - (0,999 c)^2/(1 c)^2}} \approx 22,4 m_e.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 39.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 39.1		
5	Ввести $c = 1$ с в Р0	1 П0	1.
6	Ввести $v = 0,999$ с	0.999 С/П	4.4710177 -02
7	Ввести $m_0 = 1$ m_e	1 С/П	1.
8	Ввести И=19	19	19.
9	Вычислить m	С/П	22.366272
	Результат вычисления: $\frac{m}{m_0} \approx 22,4$ раза		

Программа 39.1.А

алг программа 39.1.А (вещ v , c , А, Х, И)

арг v , c , А, И

рез Х

нач вещ В

$$B := \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

если И=0

$$\text{то } X := A/B$$

$$\text{иначе } X := A \cdot B$$

все

кон

8. Определить импульс тела массой покоя m_0 , которое движется со скоростью v . Скорость света c .

Математическое описание задачи 8

$$p = m v;$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}};$$

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Расчетная формула

$$8. p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

Программа 39.2			Инструкция к программе 39.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	↑	0E	1	Включить ПМК	
01	ИП 0	60	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	÷	13	3	Ввести программу	По тексту программы
03	F x ²	22			F АВТ В/0
04	1	01	4	Перейти в режим F АВТ	(c) П0
05	↔	14	5	Ввести c в Р0	(v) С/П
06	-	11	6	Ввести v	(m ₀)
07	F √	21	7	Ввести m_0	C/П
08	÷	13	8	Вычислить p	Для нового счета вернуться к п. 6
09	C/П	50			
10	x	12			
11	C/П	50			
12	БП	51			
13	00	00			

Время вычисления—3 с

Контрольная задача к программе 39.2

9. Определить импульс тела, масса которого 10^4 кг, движущегося со скоростью 0,1 с.

Решение

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}},$$

$$p = \frac{10^4 \cdot 0,1 \text{ с}}{\sqrt{1 - (0,1 \text{ с})^2/(1 \text{ с})^2}} = 3 \cdot 10^{11} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 39.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 39.2		
5	Ввести $c = 3 \cdot 10^8$ м/с в Р0	3 ВП 8 П 0	3. 08
6	Ввести $v = 0,1$ с	0,1 x С/П	30151134.
7	Ввести $m_0 = 10^4$ кг	10 000	10 000.
8	Вычислить p	С/П	3.0151134 11
	Результат вычисления: $p \approx 3 \cdot 10^{11}$ кг · м/с		

Программа 39.2.А

алг программа 39.2.А (вещ p , m_0 , v , c)

арг m_0 , v , c

рез p

нач

$$p := \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

кон

Энергия покоя тела массой m равна E . Скорость света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Определить значения величин по известным данным:

10. m по известным E и c .

11. E по известным m и c .

Математическое описание задач 10, 11

$$E = m c^2; \quad m = E / c^2.$$

Расчетные формулы

10. $m = E / c^2$. 11. $E = m c^2$.

Программа 39.3			Инструкция к программе 39.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	↑	0E	1	Включить ПМК	
01	9	09	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ВП	0C	3	Ввести программу	По тексту программы
03	1	01	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04	6	06	5	Ввести И в РД	(И) П Д
05	К ПП Д	-Г		И=9 для задачи 10	
06	С/П	50		И=11 для задачи 11	
07	БП	51	6	Ввести известную величину A	(A)
08	00	00	7	Вычислить неизвестную величину x	C/П
09	÷	13		Для нового счета вернуться к п. 5	
10	B/0	52			
11	x	12			
12	B/0	52			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 39.3

12. На сколько увеличится масса тела, если ему дополнительно сообщить энергию, равную $9 \cdot 10^{12}$ Дж?

Решение

$$m = \frac{E}{c^2}, \quad m = \frac{9 \cdot 10^{12} \text{ Дж}}{(3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2} = 10^{-4} \text{ кг.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 39.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 39.3		
5	Ввести И=9 в РД	9 П Д	9.
6	Ввести известную величину $E = 9 \cdot 10^{12}$ Дж	ВП 12	9. 12
7	Вычислить искомую величину m Результат вычисления: $m = 0.1$ г	С/П	1. -04

Программа 39.3.А

алг программа 39.3.А (вещ A , I , x)

арг A , I

рез x

нач вещ K

$$K := 9 \cdot 10^{16}$$

если $I = 9$

то $x := A/K$

иначе $x := A \cdot K$

все

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 39.1–39.3: №, № 1179–1185, 1187–1192.

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

ГЛАВА 14. СВЕТОВЫЕ КВАНТЫ. ДЕЙСТВИЯ СВЕТА

§ 40. Фотоэлектрический эффект и его законы

В опыте по обнаружению фотоэффекта металлическая пластина освещалась светом с частотой v , при этом скорость фотоэлектронов была v . Работа выхода электронов из металла A . Постоянная Планка h , масса электрона m_e . Определить значения величин по известным данным:

1. v по известным v , A , h , m_e .
2. v по известным v , A , h , m_e .
3. A по известным v , v , h , m_e .

Математическое описание задач 1–3

$$E_k = h\nu - A;$$

$$\frac{m_e v^2}{2} = h\nu - A.$$

Расчетные формулы

$$1. v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m_e}}.$$

$$2. v = \frac{\left(\frac{m_e v^2}{2} + A\right)}{h}.$$

$$3. A = h\nu - \frac{m_e v^2}{2}.$$

Контрольная задача к программе 40.1

4. С какой скоростью вылетают фотоэлектроны из цезиевой пластины при облучении ее светом, у которого длина волны 390 нм?

Решение

$$v = \frac{c}{\lambda}, \quad v = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{39 \cdot 10^{-9} \text{ м}} = 7,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц}; \quad v = \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m_e}},$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot (6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с} \cdot 7,7 \cdot 10^{14} \text{ Гц} - 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж})}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} \approx 7 \cdot 10^5 \text{ м/с.}$$

Программа 40.1			Инструкция к программе 40.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	ИП В	6L	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	F x ²	22	3	Ввести программу	
03	x	12			
04	2	02	4	Перейти в режим F АВТ	
05	÷	13	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
06	К ПП Д	-Г		P 1-h	
07	С/П	50		P 0-m _e	(m _e) П 0
08	БП	51		P A-A	(A) П А
09	00	00		P B-v	(v) П В
10	ИП 1	61		P C-v	(v) П С
11	ИП С	6C		P D-И	(И) П Д
12	x	12		И=10 для задачи 1	
13	ИП А	6-		И=21 для задачи 2	
				И=26 для задачи 3	
14	-	11	6	Вычислить искомую величину	C/П
15	2	02		Для итогового счета вернуться к п. 5	
16	x	12			
17	ИП 0	60			
18	÷	13			
19	F √	21			
20	B/0	52			
21	ИП А	6-			
22	+	10			
23	ИП 1	61			
24	÷	13			
25	B/0	52			
26	ИП 1	61			
27	ИП С	6C			
28	x	12			
29	→	14			
30	-	11			
31	B/0	52			

Время вычисления – 5 с

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 40.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 40.1		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: P 1-h = 6,6 · 10 ⁻³⁴ Дж · с P 0-m _e = 9,1 · 10 ⁻³¹ кг P A-A = 3 · 10 ⁻¹⁹ Дж P C-v = $\frac{3 \cdot 10^8}{39 \cdot 10^{-9}}$ Гц P Д-И = 10 Вычислить v Результат вычисления: v ≈ 676 км/с	66 ВП /-35 П 1 91 ВП /-32 П 0 3 ВП /-19 П А 3 ВП 8 ↑ 39 ВП /-/ 8 ÷ П С 10 П Д С/П	6.6 -34 9.1 -31 3. -19 76923076 14 10. 675623.11
6			

Программа 40.1.А

алг программа 40.1.А (вещ h, m_e, A, v, ν, И)

арг h, m_e, A, v, ν, И

рез A, v, ν

нач

если И=10

то v:= $\sqrt{2(h\nu - A) / m_e}$

если И=21

то v:= $\left(\frac{m_e v^2}{2} + A\right) / h$

если И=26

то A:= $h\nu - \frac{m_e v^2}{2}$

все

все

кон

5. В результате опыта по определению постоянной Планка h для частот света ν_1 и ν_2 были получены соответственно значения запирающего напряжения U_1 или U_2 . Каково значение постоянной Планка, полученной из опыта? Заряд электрона e .

Математическое описание задачи 5

$$\begin{aligned}\Delta E_K &= \Delta E_{\Pi} = e U; \\ e U_1 &= h \nu_1 - A; \\ e U_2 &= h \nu_2 - A; \\ e (U_2 - U_1) &= h (\nu_2 - \nu_1); \\ h &= \frac{e (U_2 - U_1)}{(\nu_2 - \nu_1)}.\end{aligned}$$

Расчетная формула

$$5. h = \frac{e (U_2 - U_1)}{(\nu_2 - \nu_1)}.$$

Программа 40.2			Инструкция к программе 40.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	—	11	1	Включить ПМК	
01	F ⌂	25	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	—	11	3	Ввести программу	По тексту программы
03	↔	14	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ В/0
04	F ⌂	25	5	Ввести e в Р 0	(e) П 0
05	÷	13	6	Ввести в стек ν_1 , ν_2 , U_1 , U_2	(ν_1) ↑ (ν_2) ↑ (U_1) ↑ (U_2)
06	ИП 0	60	7	Вычислить h	C/П
07	x	12			
08	C/П	50			
09	БП	51			
10	00	00		Для нового счета вернуться к п. 6	

Время вычисления – 2 с

Контрольная задача к программе 40.2

6. В результате опыта по определению постоянной Планка были получены следующие данные: при $\nu = 5,5 \cdot 10^{14}$ Гц запирающее напряжение $U = 0,43$ В, граничная частота фотоэффекта $\nu_0 = 4,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Каково значение постоянной Планка, полученной из опыта?

Решение

(См. математическое описание задачи 5.)

$$h = \frac{U_2 - U_1}{\nu_2 - \nu_1} e,$$

$$h = \frac{0,43 \text{ В} - 0 \text{ В}}{5,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц} - 4,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 6,88 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 40.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 40.2		
5	Ввести $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл в Р 0	16 ВП / – / 20 П 0	1.6 –19
6	Ввести в стек $\nu_1 = 4,5 \cdot 10^{14}$ Гц;	4.5 ВП 14 ↑ 5.5	0.43
	$\nu_2 = 5,5 \cdot 10^{14}$ Гц; $U_1 = 0$ В; $U_2 = 0,43$ В	ВП 14 ↑ 0 ↑ 0,43	
7	Вычислить h	С/П	6.88 –34
	Результат вычисления: $h = 6,88 \cdot 10^{-34}$ Дж · с		

Программа 40.2.А

алг программа 40.2.А (вещ ν_1 , ν_2 , U_1 , U_2 , e , h)

арг ν_1 , ν_2 , U_1 , U_2 , e

рез h

нач

$$h := \frac{U_2 - U_1}{\nu_2 - \nu_1} e$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 40.1–40.2: Р., № 1221–1229.

§ 41. Эффект Комptonа. Давление света

1. Определить, чему равно изменение длины волны $\Delta \lambda$ при рассеянии рентгеновских лучей под углом Θ . Комптоновская длина волны λ_K .

2. Исследовать зависимость изменения длины волны $\Delta \lambda$ от угла рассеяния рентгеновских лучей. Комптоновская длина волны λ_K .

Математическое описание задач 1, 2

$$\Delta \lambda = \lambda' - \lambda,$$

$$\Delta \lambda = 2 \lambda_K \sin^2(\Theta/2).$$

Расчетная формула

$$1, 2. \Delta \lambda = 2 \lambda_K \sin^2(\Theta/2).$$

Программа 41.1			Инструкция к программе 41.1			
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	
00	↑	0E	1	Включить ПМК		
01	2	02	2	Перейти в режим F ПРГ		
02	÷	13	3	Ввести программу		
03	F sin	1C				
04	F x ²	22	4	Перейти в режим F АВТ		
05	ИП 0	60	5	Ввести λ_k в Р 0		
06	2	02	6	Установить переключатель Р-Г в положение единицы, выражающей угол Θ		
07	x	12				
08	x	12	7	Ввести Θ в РХ	(Θ)	
09	С/П	50	8	Вычислить $\Delta\lambda$	С/П	
10	БП	51				
11	00	00		Для нового счета вернуться к п. 6		

Время вычисления—2 с

Контрольная задача к программе 41.1

3. Определить изменение длины волны рентгеновских лучей при рассеянии под углом 45° . Комптоновская длина волны $\lambda_k = 2,43 \cdot 10^{-12}$ м.

Решение

$$\Delta\lambda = 2\lambda_k \sin^2(\Theta/2),$$

$$\Delta\lambda = 2 \cdot 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м} \cdot \sin^2(45^\circ/2) \approx 7 \cdot 10^{-13} \text{ м.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 41.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 41.1		
5	Ввести $\lambda_k = 2,43 \cdot 10^{-12}$ м в Р 0		
6	Установить переключатель Р-Г в положение Г		
7	Ввести $\Theta = 45^\circ$ в РХ		
8	Вычислить $\Delta\lambda$		
	Результат вычисления: $\Delta\lambda \approx 712$ м		

Программа 41.1.А

алг программа 41.1.А (вещ λ_k , Θ , $\Delta\lambda$)

арг λ_k , Θ

рез $\Delta\lambda$

нач

$$\Delta\lambda := 2\lambda_k \cdot \sin^2(\Theta/2)$$

ком

4. Определить давление p , оказываемое световым потоком, интенсивность которого I , на поверхность с коэффициентом отражения ϱ . Скорость света c .

5. Определить интенсивность светового потока I , если он оказывает давление p на поверхность, коэффициент отражения которой ϱ . Скорость света c .

Математическое описание задач 4, 5

$$p = \frac{hv}{c}; \quad p = nP(1 + \varrho);$$

$$I = nhv; \quad I = \frac{I}{c}(1 + \varrho).$$

Расчетные формулы

$$4. p = \frac{1}{c}(1 + \varrho). \quad 5. I = \frac{pc}{(1 + \varrho)}.$$

Программа 41.2			Инструкция к программе 41.2			
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	
00	1	01	1	Включить ПМК		
01	П 1	41	2	Перейти в режим F ПРГ		
02	П 2	42	3	Ввести программу		
03	ИП 9	69				
04	С/П	50	4	Перейти в режим F АВТ		
05	ИП 1	61	5	Ввести c в Р 0		
06	ИП 3	63	6	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р 1—I Р 2—p Р 3— ϱ		
07	1	01	7	Р Д=И И=0 для задачи 4 И=1 для задачи 5 Определить искомую величину Для нового счета вернуться к п. 6.	(I) П 1 (p) П 2 (ϱ) П 3 (И) П Д	
08	+	10				
09	x	12				
10	ИП 2	62				
11	ИП 0	60				
12	х	12				
13	÷	13				
14	П 9	49				
15	ИП Д	6Г				
16	F x ≠ 0	57				
17	00	00				
18	ИП 9	69				
19	F 1/x	23				
20	П 9	49				
21	БП	51				
22	00	00				

Время вычисления—4 с

Контрольная задача к программе 41.2

6. На поверхность площадью 100 м^2 ежеминутно падает 63 Дж световой энергии. Найдите световое давление, если поверхность отражает 50% излучения.

Решение

$$I = \frac{W}{St}, I = \frac{63 \text{ Дж}}{10^{-2} \text{ м}^2 \cdot 60 \text{ с}} = 105 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с});$$

$$p = \frac{I}{c} (1 + \varrho), p = \frac{105 \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} (1 + 0,5) \approx 5,2 \cdot 10^{-7} \text{ Па.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 41.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4			
5	См. инструкцию к программе 41.2		
6	Ввести $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$ в Р 0	3 ВП 8 П 0	3. 08
	Ввести начальные данные в регистры памяти:		
	$P_1 - I = \left(\frac{63}{60} \cdot 10^2 \right) \text{ Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	63 ↑ 60 ÷ ВП 2	
		П 1	105.
		0.5 П 3	5. -01
		0 П Д	0.
7	$P_3 - Q = 0.5$ $P \Delta - И = 0$	C/П	5. -09
	Вычислить p		
	Результат вычисления: $p = 50 \text{ мПа}$		

Программа 41.2.А

алг программа 41.2.А (вещ $c, p, I, Q, И$)

арг $c, p, I, Q, И$
рез p, I

нач

если $И = 0$

то $p := \frac{I}{c} (1 + Q)$

иначе $I := \frac{pc}{(1 + Q)}$

кон

Рекомендуемая задача для решения по программам 41.1–41.2:
Р., № 1230.

ГЛАВА 15. АТОМ И АТОМНОЕ ЯДРО

§ 42. Ядерная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Испускание и поглощение света атомом

63
1. Определить радиус n -й орбиты в атоме и энергию на этой орбите, если заряд ядра выражен в элементарных единицах заряда Z .

Математическое описание задачи 1

$$r_n = n^2 \frac{\hbar^2 4\pi \epsilon_0}{Z m_e e^2},$$

$$r_n = \frac{n^2}{Z} \alpha;$$

$$\alpha = \frac{\hbar^4 \pi \epsilon_0}{m_e e^2};$$

$$E_n = \frac{-Z^2 m_e e^4}{8\hbar^2 \epsilon_0^2 n^2},$$

$$E_n = \frac{-Z^2}{n^2} \beta;$$

$$\beta = \frac{m_e e^4}{8\hbar^2 \epsilon_0^2}.$$

Расчетные формулы

$$1. r_n = \alpha \frac{n^2}{Z}; \alpha = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м};$$

$$E_n = -\beta \left(\frac{Z}{n} \right)^2; \beta = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж.}$$

Программа 42.1			Инструкция к программе 42.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П 0	40	1	Включить ПМК	
01	F x ²	22	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП А	6-	3	Ввести программу	По тексту программы
03	÷	13			
04	5	05	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
05	2	02	5	Ввести Z в Р А	(Z) П А
06	9	09	6	Ввести n в Р X	(n)
07	ВП	0C	7	Вычислить r_n	C/П
08	I-/	0L	8	Вычислить E_n	C/П
09	1	01	9	Для нового счета вернуться к п. 5	C/П
10	3	03			
11	x	12			
12	C/П	50			

Продолжение

Программа 42.1			Инструкция к программе 42.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
13	ИП А	6-			
14	ИП 0	60			
15	÷	13			
16	F x ²	22			
17	2	02			
18	1	01			
19	8	08			
20	/-	0L			
21	ВП	0C			
22	/-	0L			
23	2	02			
24	0	00			
25	x	12			
26	С/П	50			
27	БП	51			
28	00	00			

Время вычисления r_n равно 2 с, E_n – 3 с

Контрольная задача к программе 42.1

2. Определить радиус и энергию первой орбиты в атоме водорода.

Решение

(См. математическое описание задачи 1.)

$$r_n = \alpha \frac{n^2}{Z}, r_n = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м} \left(\frac{1}{1} \right)^2 = 5,29 \cdot 10^{-11} \text{ м};$$

$$E_n = -\beta \left(\frac{Z}{n} \right)^2, E_n = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж} \left(\frac{1}{1} \right)^2 = -2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}.$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 42.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1–4	См. инструкцию к программе 42.1 Ввести $Z=1$ в Р А	1 П А	1. 1.
5	$n=1$ в Р Х		
6	Вычислить r_n	С/П	5.29 -11
7	Вычислить E_n	С/П	-2.18 -18
8	Результат вычислений: $r_n = 5,29 \cdot 10^{-11}$ м; $E_n = -2,18 \cdot 10^{-18}$ Дж		

Программа 42.1.А

алг программа 42.1.А (вещ n, Z, r_n, E_n)

арг n, Z

рез r_n, E_n

нач вещ α, β

$$\alpha := 5,29 \cdot 10^{-11}$$

$$\beta := -2,18 \cdot 10^{-18}$$

$$r_n := \alpha n^2 / Z$$

$$E_n := \beta Z^2 / n^2$$

кон

3. Определить длину волны λ света, излучаемого при переходе электрона с m -го на n -й энергетический уровень. Постоянная Ридберга R_∞ .

Математическое описание задачи 3

$$\nu^* = R_\infty \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right), \nu^* = \frac{1}{\lambda} \text{ – волновое число;}$$

$$\lambda = \left(R_\infty \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right)^{-1}.$$

Расчетная формула

$$3. \lambda = \left(R_\infty \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right)^{-1}.$$

Программа 42.2			Инструкция к программе 42.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	F x ²	22	1	Включить ПМК	
01	F1/x	23	2	Перейти в режим F ПРГ	
02	↔	14	3	Ввести программу	
03	F x ²	22			
04	F 1/x	23	4	Перейти в режим F АВТ	
05	↔	14	5	Ввести (R_∞) в Р 0	
06	–	11	6	Ввести в стек m и n	
07	ИП 0	60	7	Вычислить λ	
08	x	12		Для нового счета вернуться к п. 6	
09	F 1/x	23			
10	C/П	50			
11	БП	51			
12	00	00			

Время вычисления – 2 с

Контрольная задача к программе 42.2

4. Определить граничную длину волнны серии Бальмера, если постоянная Ридберга $R_\infty = 10973731 \text{ м}^{-1}$.

Решение

$$m = 2; n \rightarrow \infty; \lambda = \left(R_\infty \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \right)^{-1};$$

$$\lambda_{rp} = \lambda = \left(10973731 \text{ м}^{-1} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{(\infty)^2} \right) \right)^{-1} = 364,5068 \text{ нм.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 42.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 42.2		
5	Ввести $R_\infty = 10973731 \text{ м}^{-1}$ в Р0		
6	Ввести в стек $m = 2$ и $n \rightarrow \infty = 10^{99}$		
7	Вычислить $\lambda = \lambda_{rp}$ Результат вычисления: $\lambda_{rp} = 3,6450684 \cdot 10^{-7} \text{ м}$	10973731 П 0 2 ↑ Сх ВП 99 С/П	10973731. 1. 99 3.6450684-07

Программа 42.2.А

алг программа 42.2.А (вещ m, n, λ)

арг m, n
рез λ

нач вещ $R v$

$R : 10973731$

$$v := R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\lambda := 1/v$$

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 42.1–42.2:
P., № 1232, 1233, 1238, 1239.

§ 43. Энергия связи атомных ядер.

Энергетический выход ядерных реакций.

Законы радиоактивного распада

1. Определить дефект массы ΔM и энергию связи E_{cb} ядра, имеющего массу покоя ядра M_a , заряд Z и число нуклонов A . Масса протона m_p , масса нейтрона m_n .

Математическое описание задачи 1

$$\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_a;$$

$$N = A - Z \quad (\text{где } N - \text{число нейтронов});$$

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_a;$$

$$E_{cb} = \Delta M c^2.$$

Расчетные формулы

$$1. \Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_a; \quad E_{cb} = \Delta M c^2.$$

Программа 43.1			Инструкция к программе 43.1		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П 0	40	1	Включить ПМК	
01	—	11	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	ИП А	6—	3	Ввести программу	По тексту программы
03	х	12			
04	ИП В	6L	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
05	ИП 0	60	5	Ввести:	
				Р С – с	(с) П С
				Р В – m_p	(m_p) П В
				Р А – m_n	(m_n) П А
				Р Д – M_a	(M_a) П Д
06	х	12			
07	+	10			
08	ИП Д	6Г			
09	—	11	6	Ввести в стек А и Z	(A) ↑ (Z)
10	С/П	50	7	Вычислить ΔM	С/П
11	ИП С	6 С	8	Вычислить E_{cb}	С/П
12	Fx^2	22		Для нового счета вернуться	
13	х	12		к п. 5	
14	С/П	50			
15	БП	51			
16	00	00			

Время вычисления ΔM равно 2 с, E_{cb} – 1 с

Контрольная задача к программе 43.1

2. Определить энергию связи ядра изотопа лития ${}^7\text{Li}$, если $M_a = 7,01401 \text{ а.е.м.}$, $m_p = 1,00728 \text{ а.е.м.}$, $m_n = 1,00867 \text{ а.е.м.}$, $c^2 = 931,4 \text{ МэВ/а.е.м.}$

Решение

$$\Delta M = Zm_p + (A - Z)m_n - M_a,$$

$$\Delta M = 3 \cdot 1,00728 \text{ а.е.м.} + (7 - 3) \cdot 1,00867 \text{ а.е.м.} - 7,01401 \text{ а.е.м.} = \\ = 0,04251 \text{ а.е.м.};$$

$$E_{cb} = \Delta M c^2,$$

$$E_{cb} = 0,043 \text{ а.е.м.} \cdot 931,4 \text{ МэВ/а.е.м.} \approx 39,7 \text{ МэВ.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 43.1

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 43.1		
5	Ввести $c = \sqrt{931.4 \left(\frac{\text{МэВ}}{\text{а.ем.}} \right)^{1/2}}$ в Р С $P_B - m_p = 1.00728 \text{ а.ем.}$ $P_A - m_n = 1.00867 \text{ а.ем.}$ $P_D - M_u = 7.01401 \text{ а.ем.}$	934.1 F √ П С 1.00728 П В 1.00867 П А 7.01401 П Д 7 ↑ 3	30.563049 1.00728 1.00867 7.01401 3.
6	Ввести в стек $A = 7$ и $Z = 3$		
7	Вычислить ΔM (в а.ем.)	C/P	4251 -02
8	Вычислить E_{cb} Результат вычисления: $E_{cb} \approx 39.71 \text{ МэВ}$	C/P	39.708589

Программа 43.1.А

алг программа 43.1.А (вещ c , m_p , m_n , M_u , Z , A , ΔM , E_{cb})

арг c , m_p , m_n , M_u , Z , A

рез ΔM , E_{cb}

нач

$$\Delta M := Zm_p + (A - Z)m_n - M_u$$

$$E_{cb} := \Delta M c^2$$

кон

3. Ядерным горючим атомной электростанции мощностью P служит уран 235. Энергия, выделяющаяся при расщеплении одного ядра урана $^{92}_{\text{U}}$, равна $E = 3.2 \cdot 10^{11}$ Дж. Коэффициент полезного действия электростанции η . Определить расход ядерного горючего m за время t . Постоянная Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{-23}$ моль $^{-1}$, молярная масса урана $M = 235 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Математическое описание задачи 3

$$\eta = \frac{Pt}{En};$$

$$\frac{n}{N_A} = \frac{m}{M};$$

$$m = \frac{MPt}{\eta N_A E}; \quad k = \frac{M}{N_A E},$$

$$k = 1,22 \cdot 10^{-14} \text{ кг/Дж}; \quad m = k \frac{Pt}{\eta}.$$

Расчетная формула

$$3. m = 1,22 \cdot 10^{-14} \frac{Pt}{\eta}.$$

Программа 43.2			Инструкция к программе 43.2		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	ИП 0	60	1	Включить ПМК	
01	ИП 1	61	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	÷	13	3	Ввести программу	По тексту программы
03	x	12			F ABT B/0
04	1	01	4	Перейти в режим F АВТ	(P) П 0
05	2	02	5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - P$ $P_1 - \eta$	(η) П 1
06	2	02	6	Ввести t в Р Х	(t)
07	ВП	0C	7	Вычислить m	C/P
08	/-	0L		Для нового счета вернуться к п. 5	
09	1	01			
10	6	06			
11	x	12			
12	C/P	50			
13	БП	51			
14	00	00			

Время вычисления – 3 с

Контрольная задача к программе 43.2

4. Ядерным горючим атомной электростанции мощностью 5000 кВт служит уран 235. Определить суточный расход ядерного горючего, если КПД электростанции 20%.

Решение

$$m = 1,22 \cdot 10^{-14} \frac{Pt}{\eta},$$

$$m = 1,22 \cdot 10^{-14} \text{ кг/Дж} \cdot \frac{5 \cdot 10^6 \text{ Вт} \cdot (3600 \cdot 24) \text{ с}}{0,20} \approx 26,4 \text{ г.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 43.2

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 43.2		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: $P_0 - P = 5 \cdot 10^6 \text{ Вт}$ $P_1 - \eta = 0,2$	5 ВП 6 0 0,2 П 1	5000000. 2. -01
6	Ввести $t = (3600 \cdot 24)$ с в Р Х	3600 ↑ 24 x	86400.
7	Вычислить m Результат вычисления: $m \approx 26,35 \text{ г}$	C/P	2.6352 -02

Программа 43.2.А

алг программа 43.2.А (вепц P, η, t, m)арг P, η, t рез m нач вепц k

$$k := 1,22 \cdot 10^{-14}$$

$$m := \frac{kpt}{\eta}$$

кон

5. Определить число атомов, не распавшихся за время t , если при $t = 0$ их число было N_0 , а период полураспада атомов T .

6. Определить N_0 (число радиоактивных атомов) в момент времени $t = 0$, если в момент времени t их было N , а период полураспада атомов T .

7. Определить t по известным N_0, N, T .

8. Определить T по известным N_0, N, t .

Математическое описание задач 5–8

$$\frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}$$

Расчетные формулы

5. $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$.

6. $N_0 = \frac{N}{2^{-\frac{t}{T}}}$.

7. $t = T \log_2 \frac{N_0}{N}$.

8. $T = \frac{t}{\log_2 \frac{N_0}{N}}$.

Программа 43.3			Инструкция к программе 43.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П 0	40	1	Включить ПМК	
01	ИП Д	6Г	2	Перейти в режим F ПРГ	B/0 F ПРГ
02	П С	4С	3	Ввести программу	По тексту программы
03	К ИП С	1С	4	Перейти в режим F АВТ	F АВТ B/0
04	ИП Д	6Г	5	Ввести начальные данные в регистры памяти:	
05	ИП С	6С			
06	—	11			
07	↑	0Е			
08	1	01			
09	0	00			
10	0	00			
11	x	12			

Программа 43.3			Инструкция к программе 43.3		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
12	П Д	4Г	6	РД-И И=23.34 для задачи 5	(И) П Д
13	ИП А	6-		И=23.36 для задачи 6	
14	ИП В	6Л		И=28.34 для задачи 7	
15	÷	13		И=28.36 для задачи 8	
16	К ИП С	-С		Ввести в РХ оставшуюся известную величину	(N или N_0, t или T) С/П
17	ИП 0	60	7	Вычислить искомую величину	
18	↔	14		Для нового счета вернуться к п. 5	
19	К ИП Д	-Г	8		
20	С/П	50			
21	БП	51			
22	00	00			
23	/-	0L			
24	↑	0E			
25	2	02			
26	F x ^y	24			
27	B/0	52			
28	F ln	18			
29	2	02			
30	F ln	18			
31	÷	13			
32	/-	0L			
33	B/0	52			
34	x	12			
35	B/0	52			
36	÷	13			
37	B/0	52			

Время вычисления – 8 с

Контрольная задача к программе 43.3

9. Относительная часть радиоактивного углерода $^{14}_6\text{C}$ в старом куске дерева имеет величину $N/N_0 = 0,0416$ от его содержания в живых растениях. Сколько времени прошло после отмирания дерева? Период полу-распада $^{14}_6\text{C}$ равняется 5570 лет.

Решение

$$t = T \log_2 \frac{N_0}{N},$$

$$t = 5570 \text{ лет} \cdot \log_2 \frac{1}{0,0416} \approx 25300 \text{ лет.}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 43.3

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1—4	См. инструкцию к программе 43.3		
5	Ввести начальные данные в регистры памяти: Р А—N = 0.0416 Р В—N ₀ = 1 Р Д—И = 28.34 Р Х—T = 5570 лет	0.0416 П А 1 П В 28.34 П Д 5570 С/П	4.16 -02 1. 28.34 5570. 25551.109
6	Вычислить t		
7	Результат вычисления: t = 25550 лет		

Программа 43.3.А

алг программа 43.3.А (вещ N₀, N, T, t, И)

арг N₀, N, T, t, И

рэз N₀, N, T, t

нач

если И < 25

то A := 2^{-t/T}

иначе B := log₂ $\frac{N_0}{N}$

все

если И = 23,34

то N := N₀A

если И = 23,36

то N₀ := N/A

если И = 28,34

то t := T/B

иначе T := t/B

все

все

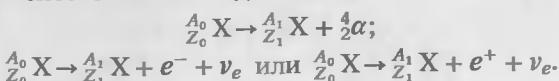
кон

10. В результате α -распада ядра $Z_0^A X$ образовалось новое ядро. Определить его заряд Z_1 и массовое число A_1 .

11. В результате β^- -распада ядра $Z_0^A X$ образовалось новое ядро. Определить его заряд Z_1 и массовое число A_1 .

12. В результате β^+ -распада ядра $Z_0^A X$ образовалось новое ядро. Определить его заряд Z_1 и массовое число A_1 .

Математическое описание задач 10—12



Расчетные формулы

$$10. A_1 = A_0 - 4, Z_1 = Z_0 - 2.$$

$$11. A_1 = A_0, Z_1 = Z_0 + 1.$$

$$12. A_1 = A_0, Z_1 = Z_0 - 1.$$

Программа 43.4			Инструкция к программе 43.4		
Адрес	Команда	Код	№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша
00	П Д	4Г	1	Включить ПМК	
01	F x = 0	5E	2	Перейти в режим F ПРГ	B/O F ПРГ
02	13	13	3	Ввести программу	По тексту программы F АВТ B/O
03	ИП 0	60			
04	4	04	4	Перейти в режим F АВТ	
05	-	0-	5	Ввести в Р 0 величины A_0 и Z_0 (в виде числа с тремя десятичными знаками)	(A_0) (Z_0) П 0
06	0	00		Ввести в Р Х—И	
07	0	00		И=0 для α -распада (задача 10)	
08	2	02	6	И=-1 для β^- -распада (задача 11)	
09	-	11		И=1 для β^+ -распада (задача 12)	
10	П 0	40		Вычислить A_1 и Z_1	C/П
11	БП	51			
12	23	23	7	Для новых вычислений вернуться к п. 5	
13	ИП 0	60		Если вычисления продолжаются с расплавшимся ядром, то перейти к п. 6	
14	ИП Д	6Г			
15	0	00			
16	-	0-			
17	0	00			
18	0	00			
19	1	01			
20	Х	12			
21	-	11			
22	П 0	40			
23	С/П	50			
24	БП	51			
25	00	00			

Время вычисления — 3 с

Контрольная задача к программе 43.4

13. Определить элемент, получающийся из ядра $^{238}_{92}\text{U}$ путем двух α -распадов.

Решение

$$\begin{aligned} A'_1 &= A_0 - 4, \quad A'_1 = 238 - 4 = 234; \\ Z'_1 &= Z_0 - 2, \quad Z'_1 = 92 - 2 = 90; \\ A_1 &= A'_1 - 4, \quad A_1 = 234 - 4 = 230; \\ Z_1 &= Z'_1 - 2, \quad Z_1 = 90 - 2 = 88; \quad {}^{230}_{88}X = {}^{230}_{88}Ra. \end{aligned}$$

Инструкция к решению контрольной задачи по программе 43.4

№ п/п	Выполняемая операция	Нажимаемая клавиша	Показание индикатора
1-4	См. инструкцию к программе 43.4		
5	Ввести A_0 и Z в Р 0	238. 092 П 0	238.092
6	Ввести И=0 в Р X	0	0.
7	Вычислить A'_1 и Z'_1	С/П	234.09
6	Перейти к п. 6		
7	Ввести И=0 в Р X	0	0.
	Вычислить A_1 и Z_1	С/П	230.088
	Результат вычислений: $A_1 = 230$; $Z_1 = 88 \Rightarrow {}^{230}_{88}Ra$		

Программа 43.4.А

алг программа 43.4.А (вещ A , Z , И)

арг A , Z , И

рез A , Z

нач

если И=0

то $A := A - 4$

$Z := Z - 2$

иначе: $Z := Z - И$

все

кон

Рекомендуемые задачи для решения по программам 43.1–43.4:
Р., № 1247–1249, 1257–1259, 1263, 1265–1268, 1277, 1278.

ЛИТЕРАТУРА

Гольдфарб Н. И. Сборник вопросов и задач по физике.—М.: Высшая школа, 1983.

Гончаренко С. У. Конкурсные задачи по физике.—Киев: Вища школа, 1979.

Гуща А. И., Путан Л. А. Пособие по физике для подготовительных отделений.—Минск: Высшая школа, 1984.

Дьяконов В. П. Справочник по расчетам на микрокалькуляторах.—М.: Наука, 1985.

Кибернетика. Микрокалькуляторы в играх и задачах.—М.: Наука, 1986.

Криницкий Н. А. Алгоритмы вокруг нас.—М.: Наука, 1984.

Мясников С. П., Осанова Т. Н. Пособие по физике.—М.: Высшая школа, 1981.

Основы информатики и вычислительной техники, ч. I / Под ред. А. П. Ершова, В. М. Монахова.—М.: Просвещение, 1985.

Распопов В. Б., Верлань А. Ф. Основы программирования на микрокалькуляторах.—Киев: Радянська школа, 1985.

Рымкевич А. П., Рымкевич П. А. Сборник задач по физике.—М.: Просвещение, 1986.

Ряболов Г. И., Дадашова Н. Р., Курганова В. А. Сборник дидактических заданий по физике.—М.: Высшая школа, 1985.

Савченко Н. Е. Решение задач по физике.—Минск: Высшая школа, 1977.

Цветков А. Н., Епанечников В. А. Прикладные программы для микроЭВМ «Электроника Б3–34», «Электроника МК-56», «Электроника МК-54».—М.: Финансы и статистика, 1984.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

МЕХАНИКА

Глава 1. Основы кинематики	
§ 1. Механическое движение. Относительность движения	6
§ 2. Равномерное прямолинейное движение	8
§ 3. Равноускоренное прямолинейное движение	12
§ 4. Равномерное движение по окружности	20
Глава 2. Основы динамики	
§ 5. Законы Ньютона	24
§ 6. Закон всемирного тяготения	27
§ 7. Закон Гука	32
§ 8. Применение законов динамики	34
Глава 3. Законы сохранения	
§ 9. Закон сохранения импульса. Реактивное движение	58
§ 10. Механическая работа. Кинетическая и потенциальная энергии	61
§ 11. Закон сохранения энергии в механических процессах	65
§ 12. Зависимость давления жидкости от скорости ее течения	67
Глава 4. Механические колебания и волны	
§ 13. Колебательное движение. Математический маятник. Колебания груза на пружине	72
§ 14. Превращение энергии при колебательном движении	81
§ 15. Механические волны	83

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Глава 5. Основы молекулярио-кинетической теории	
§ 16. Основные положения молекулярио-кинетической теории и их опытное обоснование. Масса и размеры молекул	87
§ 17. Основное уравнение молекулярио-кинетической теории идеального газа. Скорость молекул газа	95
§ 18. Уравнение Менделеева – Клапейрона. Изопроцессы в газах	106
§ 19. Свойство паров. Влажность воздуха	113

§ 20. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления	119
§ 21. Механические свойства твердых тел	123

Глава 6. Основы термодинамики

§ 22. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам	126
§ 23. Изменение внутренней энергии тел в процессе теплопередачи и совершения работы. Термовые двигатели	134

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Глава 7. Электрическое поле	
§ 24. Закон Кулона. Напряженность электрического поля	142
§ 25. Работа электрического поля при перемещении заряда. Разность потенциалов	154
§ 26. Электроемкость конденсатора. Энергия электрического поля	158

Глава 8. Законы постоянного тока

§ 27. Последовательное и параллельное соединение проводников	165
§ 28. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи	169

Глава 9. Магнитное поле

§ 29. Магнитная индукция. Магнитный поток. Закон Ампера. Электроизмерительные приборы	177
§ 30. Сила Лоренца	184

Глава 10. Электрический ток в различных средах

§ 31. Электрический ток в металлах и вакууме	188
§ 32. Электрический ток в электролитах и газах	193
§ 33. Электромагнитная индукция. ЭДС индукции. Самоиндукция. Энергия магнитного поля	197

Глава 11. Электромагнитные колебания

§ 34. Колебательный контур	207
§ 35. Гармонические колебания. Переменный ток	210

Глава 12. Электромагнитные волны

§ 36. Электромагнитные волны и скорость их распространения. Радиолокация	215
§ 37. Волновая оптика	221

Глава 13. Элементы теории относительности

§ 38. Релятивистский закон сложения скоростей	227
§ 39. Зависимость массы тела от скорости. Закон взаимосвязи массы и энергии	228

КВАНТОВАЯ ФИЗИКА

Глава 14. Световые кванты. Действия света	
§ 40. Фотоэлектрический эффект и его законы	233
§ 41. Эффект Комптона. Давление света	237
Глава 15. Атом и атомное ядро	
§ 42. Ядерная модель атома. Квантовые постулаты Бора. Испускание и поглощение света атомом	241
§ 43. Энергия связи атомных ядер. Энергетический выход ядерных реакций. Законы радиоактивного распада	244
Литература	253

Учебное издание

Дегтярев Борис Иванович
Дегтярева Ирина Борисовна
Пожидаев Сергей Винторович

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ НА ПРОГРАММИРУЕМЫХ МИКРОАЛГИДАТОРАХ

Зав. редакцией *В. И. Обменина*
Редактор *О. В. Серышева*
Младшие редакторы *Е. В. Казакова, Е. А. Буюклин*
Художники *В. С. Давыдов, С. Ф. Лухин*
Художественный редактор *В. М. Прокофьев*
Технический редактор *И. Е. Хилобок*
Корректор *Л. С. Вайтман*

ИБ № 12060

Сдано в набор 20.03.89. Подписано в печать 11.05.90. Формат 60 × 90¹/₁₆.
Бум. типограф. № 2. Гарнит. Таймс. Печать высокая. Усл. печ. л. 16 + 0,25 форзац.
Усл. кр.-отт. 16,69. Уч.-изд. л. 14,62 + 0,42 форзац. Тираж 100 000 экз. Заказ 17.
Цена 1 р. 80 коп.

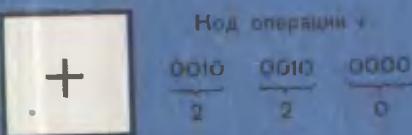
Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Министерства печати и
массовой информации РСФСР. 129846, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Отпечатано с диапозитивов ордена Трудового Красного Знамени ПО «Детская книга»
Мининформпечати РСФСР. 127018, Москва, Сущевский вал, 49 на Саратовском ордена Трудово-
го Красного Знамени полиграфическом комбинате Министерства печати и массовой информа-
ции РСФСР, 410004, Саратов, ул. Чернышевского, 59.

Программная память

Память для записи программы

Начало размещения фиксированного набора программ-операций



Принцип программного управления

Начало

Установить СЧАН
по коду операции

Переписать <Нод>
№_п СЧАН в
процессор

<Нод> = „стоп“ ?

СЧАН: СЧАН+1

Конец

Нет
Нев является ли
(Нод) составной
командой

Да

Выполнить команду

Выполнить
пер первую часть
команды

СЧАН:=СЧАН+1

Установить
соответствующее
значение СЧАН