

Работа 2.6

Исследование барометрической формулы

Оборудование: барометр, термометр, ПЭВМ.

Введение

Барометрическая формула — это уравнение, которое устанавливает зависимость атмосферного давления P от высоты h над поверхностью Земли. Рассмотрим вертикальный столб воздуха с площадью dS . Пусть на высоте h давление воздуха P . При увеличении высоты на dh давление газа уменьшается на dp . Разность давлений P и $p + dp$ равна давлению, которое оказывает сила тяжести газа в объеме с площадью основания dS и высотой dh .

$$p - (p + dp) = \frac{dm g}{dS} = \frac{\rho dS dh g}{dS} = \rho g dh,$$

где ρ — плотность газа на высоте h . Имеем $dp = -\rho g dh$, $\rho = dm/dV$. Из уравнения Клапейрона — Менделеева $p dV = \frac{dm}{M} RT$ получаем:

$$\rho = \frac{pM}{RT},$$

где M — молярная масса воздуха. Тогда $dp = -\frac{pMg}{RT} dh$, откуда $\frac{dp}{p} = -\frac{Mg}{RT} dh$.

Полагая, что температура в столбе воздуха неизменна, после интегрирования получаем:

$$\ln p = -\frac{Mgh}{RT} + \ln C.$$

Потенцируя, найдем $p = Ce^{-\frac{Mgh}{RT}}$. Постоянную интегрирования C найдем из условия, что при $h = 0$ давление $p = p_0$. Тогда $C = p_0$. В результате, давление воздуха зависит от высоты по закону:

$$p = p_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}.$$

Эта формула называется барометрической.

Из барометрической формулы видно, что значение атмосферного давления P на некоторой высоте h зависит как от высоты h , так и от температуры T столба воздуха. В данной лабораторной работе предлагается исследовать зависимость атмосферного давления от этих величин.

При выполнении исследований необходимо провести большое количество вычислений, построить соответствующие графики. Поэтому исследования проводятся на ПЭВМ, которая избавляет исследователя от рутинных вычислений. С этой целью в ЭВМ вводится специальная программа. На экране монитора результаты исследований отображаются в виде таблиц, графиков, которые необходимо проанализировать, сделать выводы.

ЭВМ работает в диалоговом режиме. Внимательно ознакомьтесь с текстами, которые будут появляться на экране. Потом выполняйте те операции и действия, которые требует машина. При появлении команды «Ввести любой символ» необходимо набрать на клавиатуре любую букву или число, или любую комбинацию букв и чисел. Потом необходимо нажать клавишу «Ввод».

Чтобы избежать сбоя в работе ЭВМ при вводе значений физических величин (давления P , температуры T и т. д.), необходимо набирать на клавиатуре только их числовые значения. Наименования набирать не надо. При наборе чисел с дробной частью необходимо помнить, что дробная часть отделяется от целой части точкой, а не запятой, как это было принято при обычном написании. Например, набирать надо: 9.81, 0.032.

При наборе значений высот необходимо иметь в виду следующее. Минимальная высота $h_{\min}$ может быть любой, но лучше начать исследования с $h_{\min} = 0$. Максимальную высоту лучше взять в пределах 20 — 40 км (подумайте почему?). Для построения графиков зависимости давления P атмосферы от высоты h достаточно иметь 10 — 15 точек. Поэтому шаг изменения высоты dh можно взять в пределах 2 — 4 км. Можно взять и меньшее значение шага, но в этом случае получается много расчетных точек, таблицы значений будут длинными, что усложнит обработку результатов исследований.

Порядок выполнения работы

1. Включите ЭВМ и монитор.
2. На экране дисплея через некоторое время появится список «С» различных программ. При помощи клавишей $\leftrightarrow$, $\updownarrow$ переведите курсор на программу «рфрһб» и нажмите клавишу «Ввод». На экране появится заставка лабораторной работы. Начните ее выполнение.
3. Определите по барометру атмосферное давление P_0 в мм ртутного столба.
4. Выберите минимальную $h_{\min}$ и максимальную $h_{\max}$ высоты (в метрах) над уровнем Земли и шаг изменения высоты dh .
5. Измерьте комнатную температуру T и переведите ее в Кельвины.
6. Получите на экране монитора таблицу значений давления P атмосферы в зависимости от высоты h . Перепишите полученную таблицу значений.

7. Проведите аналогичные исследования для температур, которые ниже и выше комнатной. Для того чтобы графики зависимости давления P атмосферы заметно отличались от графика, который получился для комнатной температуры, исследуемая температура должна быть на 50 — 70 К больше или меньше комнатной.

8. Перечертите полученные графики зависимости давления P атмосферы от высоты h .

9. Когда программа исследований закончится, нажмите клавишу «Ввод». Наберите на клавиатуре командное слово *system* и нажмите клавишу «Ввод».

10. На экране монитора появится каталог «С» со списком программ.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ УИР

Используя полученные графики зависимости атмосферного давления P от высоты h для различных температур T , постройте примерный график действительной зависимости давления P от высоты h с учетом изменения температуры T в столбе воздуха.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какова природа атмосферного давления?
2. Как зависит атмосферное давление от высоты? Почему?
3. Запишите барометрическую формулу. Объясните ее.
4. Что будет происходить с атмосферным давлением на данной высоте при росте температуры воздуха? При уменьшении ее?
5. Дайте графическое отображение зависимости атмосферного давления от высоты? Как называется эта зависимость?
6. Почему в ясную погоду, как правило, атмосферное давление выше, чем в пасмурную?
7. Какими приборами измеряется атмосферное давление?
8. Почему ртуть не выливается в чашку из перевернутой барометрической трубки? открытого ртутного барометра?
9. Расскажите об устройстве и принципе действия барометра-анероида.