

3 Евдокимов, А. Ю. Смазочные материалы на основе растительных и животных жиров / А. Ю. Евдокимов, И. Г. Фукс, Л. Н. Багдосаров. – М. : ЦНИИТЭИМС, 1992. – 47 с.

4 Богданович, П. Н. Трение, смазка и износ в машинах: учебник / П. Н. Богданович, В. Я. Прушак, С. П. Богданович. – Минск: Тэхналогія, 2011. – 527 с.

5 Крачун, А. Т. Исследование смазочных составов некоторых растительных масел / А.Т. Крачун, В. У. Морарь, С. В. Крачун // Трение и износ. – 1991. – № 5. – С. 929–932.

6 Влияние жирнокислотного состава и структуры алкильных радикалов триглицеридов растительных масел на их триботехнические характеристики / А. Я. Григорьев [и др.] // Трение и износ. – 2016. – № 6. – С. 755–759.

7 Григорьев, Ф. А. Триботехнические свойства рафинированных растительных масел / Ф. А. Григорьев, И. Н. Ковалева // Сборник материалов научно-технической конференции молодых ученых: тез. конф., IV Республиканская научно-техническая конференция молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования». – ИММС НАН Беларуси. – Гомель, 2016. – 78 с.

УДК 53 (077)

А. А. Гузовец

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ БАРОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМУЛЫ С УЧЕТОМ ЗАВИСИМОСТИ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ ОТ РАССТОЯНИЯ

Как известно, давление атмосферы является непосредственной зависимостью от высоты и температуры. Эта зависимость является экспоненциальной. Поэтому в статье рассматривается зависимость давления атмосферы от высоты. Проведен анализ о влиянии ускорения свободного падения с учетом его зависимости от расстояния на изменение давления. Зависимость ускорения свободного падения от высоты рассматривается для экваториальной плоскости с учетом вращения Земли вокруг своей оси.

Изучение атмосферы Земли – важная научная проблема. Ее анализ чрезвычайно усложнен тем, что в атмосфере наблюдаются непрекращающиеся движения масс воздуха. В целях приближенного ознакомления с некоторыми свойствами реальной атмосферы при выводе барометрической формулы мы рассматриваем сначала идеализированную систему – изотермическую атмосферу в условиях ее механического равновесия.

Для случая механического равновесия, которое может быть реализовано, когда температура является некоторой зависящей функцией от расстояния, была получена барометрическая формула зависимости давления от высоты

$$P = P_0 e^{-\frac{\rho g h}{RT}}. \quad (1)$$

Из этой формулы следует, что давление в атмосфере убывает по экспоненциальному закону, и тем быстрее, чем тяжелее газы и чем ниже температура.

При получении формулы (1) мы предположили, что ускорения свободного падения $g = \text{const}$. Теперь получим более точную барометрическую формулу с учетом зависимости $g = g(r)$. Для экваториальной плоскости можно записать следующую зависимость:

$$g = G \frac{M}{r^2} - \omega^2 r. \quad (2)$$

В данном выражении учтено действие тяготения (G – гравитационная постоянная, M – масса Земли) и действие центробежных сил (ω – угловая скорость вращения Земли).

Запишем дифференциальное уравнение давления с учетом (2):

$$\frac{dp}{p} = \frac{\mu}{RT} \left(\omega^2 r - G \frac{M}{r^2} \right) dr. \quad (3)$$

Полагаем, что $T = \text{const}$, $\omega = \text{const}$ после интегрирования получим следующее выражение:

$$P = P_0 e^{-\frac{\mu}{RT} \left[\frac{\omega^2}{2} (r_0^2 - r^2) + GM \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) \right]}. \quad (4)$$

Из этого выражения получаем, что для давления атмосферы на бесконечном расстоянии от центра Земли результат получается явно парадоксальным: $P (r \rightarrow \infty) = \infty$.

Функция (4) имеет минимум при $r \cong 4 \cdot 10^4$ км. Это означает, что в гравитационных полях вращающихся астрономических тел их газообразные атмосферы не могут находиться в равновесии и должны непрерывно рассеиваться в пространство.

Таким образом, в природе существуют системы (атмосферы планет, звезд) к которым понятие термодинамического равновесия заведомо неприменимо, так как для них не выполняется условие механического равновесия, необходимое для всякого термодинамического равновесия.

Теперь рассмотрим опытные факты.

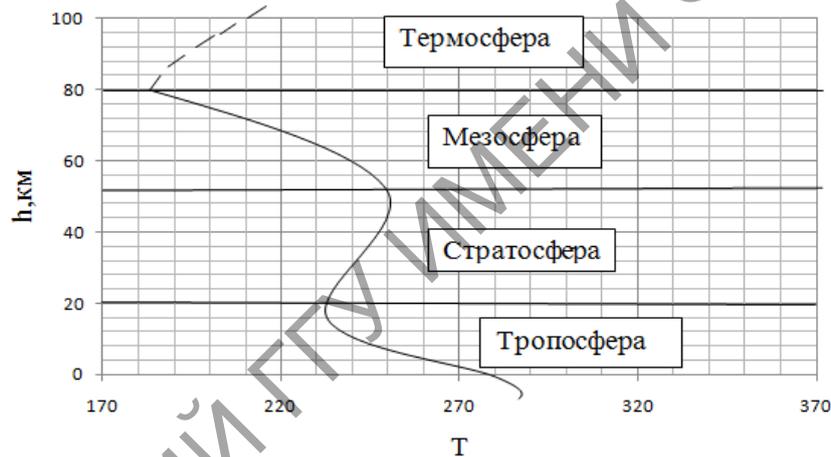


Рисунок 1 – Зависимость высоты атмосферы от температуры

На рисунке 1 схематически изображена усредненная зависимость температуры атмосферы от высоты, снятая с помощью шаров-зондов, метеорологических спутников и ракет. Температура при подъеме до 11 км сначала резко падает. Этот слой атмосферы называется тропосферой. Почти изотермическая область над ней (от 11 до 25 км) с температурой 190–220 К – нижняя стратосфера. Выше, в верхней стратосфере (25–55 км) температура возрастает примерно до 270 К (область инверсии). В мезосфере (55–80 км) температура вновь падает примерно до 180–190 К. За мезосферой лежит термосфера, в ней температура вновь возрастает (до 1000 К и выше). Состав атмосферы до высот 90 км практически остается неизменным (так называемая гомосфера). В тропосфере падение температуры с высотой в среднем равно 6,5 К на 1000 км $\left(\frac{dT}{dh} = -6,5 \frac{\text{К}}{\text{км}} \right)$. Следует

отметить, что высота тропосферы зависит от широты. Для умеренных широт она простирается примерно до 11 км, на полюсах ниже, на экваторе выше.

В настоящее время нет удовлетворительной теории, которая количественно описывала бы сложную зависимость температуры атмосферы Земли от высоты.

Как было установлено, общая масса атмосферы составляет приблизительно $5,5 \cdot 10^{18}$ кг, около 0,9 массы заключено в слое до высоты 16 км и лишь одна миллионная – выше 100 км.

В настоящее время для характеристики изменения атмосферного давления с высотой принята так называемая международная стандартная атмосфера. Стандартная атмосфера – условное распределение давлений с высотой, получаемое из выражения:

$$\frac{dp}{p} = -\frac{\mu}{RT} g dr.$$

В предположении, что давление на уровне моря при 15°C равно 1 атм = 101325 Па, а падение температуры с высотой составляет 6,5 К/км до высоты $h = 1$ км. На высотах от 11 до 22 км давление в стандартной атмосфере рассчитано по формуле (1).

Одновременно мы должны отметить, что барометрическая формула (1) в начале XX века послужила основой фундаментальных исследований, сыгравших исключительно важную роль в окончательном торжестве молекулярной теории.

Оказалось, что зависимость (1) не реализуется в атмосфере, но легко воспроизводится в условиях лабораторного эксперимента над броуновскими частицами, взвешенными в жидкости. Экспериментальная проверка зависимости (1) была проведена французским ученым Ж. Перреном.

Литература

1 Матвеев, А. Н. Молекулярная физика: учеб. пособие для вузов / А. Н. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.

2 Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 4 т. Т. 2.: Молекулярная физика / Д. В. Сивухин. – М.: Высшая школа, 1989. – 440 с.

УДК 53(075.3)

О. Т. Гурбанова

ОСВОИМ МЕТОДИКУ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ТЕМУ «ПУТЬ И ПЕРЕМЕЩЕНИЕ», ГУЛЯЯ ПО ВИРТУАЛЬНОМУ ПАРКУ

В статье описан сценарий урока решения задач по теме «Путь и перемещение» в девятом классе, организованный как виртуальная экскурсия по парку. Учащимся предлагаются практико-ориентированные задания, в целях расширения кругозора учащихся дополненные интересными фактами. Сценарий урока физики легко может быть преобразован в сценарий внеурочного мероприятия, которое можно провести в реальном парке.

Освоение теоретического материала и решение задач по теме «Путь и перемещение» в настоящее время представляет сложную проблему для учащихся. Главная причина, обуславливающая это, заключается в рассогласовании программ по математике и физике, из-за которого ко времени освоения операций с векторными величинами на уроке физики, учащиеся не знакомы ни с понятием вектора, ни с правилами определения проекций вектора на оси координат, ни с правилами сложения и вычитания векторов. Обучение учащихся этим математическим премудростям стало обязанностью учителя физики. Чтобы уменьшить трудность восприятия и осмысления материала для учащихся, нами разработан нестандартный по форме урок-практикум решения задач – виртуальная экскурсия по парку.