



**ИНСТИТУТ НОВЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Петров В.В.

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
В ТЕХНОСФЕРЕ**



2005

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Для студентов, обучающихся по программе 3,5 года, учебным планом предусмотрено выполнение расчетно-графического задания, которое включает в себя только решение 3 задач самостоятельной работы. Для студентов, обучающихся по программе 5 лет, учебным планом предусмотрено выполнение контрольной работы которая включает в себя письменные ответы на вопросы и решение 3 задач.

Номер варианта задания, а также данных задач выбирается по последней цифре номера Вашей зачетной книжки.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

Вариант	Номера вопросов	Номера вариантов задач	Вариант	Номера вопросов	Номера вариантов задач
0	10, 20	1	5	5, 18	6
1	1, 6	2	6	7, 17	7
2	2, 19	3	7	8, 15	8
3	3, 14	4	8	9, 13	9
4	4, 12	5	9	11, 16	10

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Состояние природной среды. Природное и антропогенное загрязнение. ПДК и ПДС.
2. Виды загрязнителей и их классификация.
3. Основные загрязнители биосферы.
4. Образование загрязнителей при сгорании топлива.
5. Образование загрязнителей в двигателях внутреннего сгорания.
6. Диоксиновая проблема.
7. Проблема озона и парниковых газов.
8. Фотохимический смог и механизм его образования.
9. Тепловое загрязнение окружающей среды.
10. Кислотные дожди.
11. Образование аэрозолей в атмосфере.
12. Трансформация загрязнений в гидросфере.
13. Трансформация в почве соединений серы и азота.
14. Загрязнение почв пестицидами.
15. Химический состав почв.
16. Факторы, определяющие распространение загрязнителей в окружающей среде.
17. Влияние диоксида серы на растительность.
18. Повреждение материалов оксидами серы.
19. Влияние оксидов азота на разрушение материалов.
20. Методы измерения параметров окружающей среды.

ЗАДАЧИ

Задача 1

Оцените значение pH дождей, обусловленное наличием в атмосфере диоксида серы, если константа Генри равна 5,4 моль/(л·атм.), а константа диссоциации сернистой кислоты $1,6 \cdot 10^{-2}$ моль/л.

Варианты данных для задачи 1

Номер варианта	P_{SO_2} , атм.	Номер варианта	P_{SO_2} , атм.
1	$0,1 \cdot 10^{-8}$	6	$0,1 \cdot 10^{-7}$
2	$0,3 \cdot 10^{-8}$	7	$0,2 \cdot 10^{-7}$
3	$0,5 \cdot 10^{-8}$	8	$0,6 \cdot 10^{-7}$
4	$0,7 \cdot 10^{-8}$	9	$0,8 \cdot 10^{-7}$
5	$0,9 \cdot 10^{-8}$	10	$1,2 \cdot 10^{-7}$

12,055
8/84

Пример решения

Растворимость газов в жидкостях подчиняется закону Генри: масса газа, растворяющегося при постоянной температуре в данном объеме жидкости, прямо пропорциональна парциальному давлению газа. Математически закон Генри можно выразить следующим уравнением:

$$C = K \cdot P,$$

где: C – концентрация газа в растворе; K – коэффициент пропорциональности (константа Генри), зависящий от природы газа и растворителя; P – парциальное давление газа.

Пусть парциальное давление SO_2 равно $1,4 \cdot 10^{-6}$ атм. Тогда концентрация SO_2 в растворе будет:

$$C_{\text{SO}_2} = K \cdot P = 5,4 \text{ моль/л} \cdot \text{атм.} \cdot 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ атм.} = 7,56 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л.} \quad (1)$$

Растворяющийся в атмосферной влаге SO_2 взаимодействует с водой с образованием сернистой кислоты:



Поскольку, как следует из уравнения реакции, из 1 моля SO_2 получается 1 моль H_2SO_3 , то концентрация H_2SO_3 в растворе (дождевой воде), также будет равна $7,56 \cdot 10^{-6}$ моль/л.

В дождевой воде сернистая кислота будет диссоциировать с образованием катионов водорода, которые и обуславливают ее кислотность:



Концентрацию катионов водорода можно вычислить по формуле:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K \cdot C_m}, \quad (2)$$

где: K – константа диссоциации кислоты; C_m – молярная концентрация кислоты в растворе.

Подставляя в формулу (2) полученный результат (1), найдем концентрацию катионов водорода в дождевой воде:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{1,6 \cdot 10^{-2} \cdot 7,56 \cdot 10^{-6}} = 3,48 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л.}$$

Теперь учитывая, что $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ получим:

$$\text{pH} = -\lg [3,48 \cdot 10^{-4}] = 3,46$$

Задача 2

Определите скорость осаждения аэрозольных частиц диаметром d и плотностью ρ_t , если плотность среды (ρ) равна $1,2 \text{ кг/м}^3$, длина свободного пробега молекул среды λ , динамическая вязкость среды $\mu = 18,27 \cdot 10^{-6} \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$. Оцените также влияние на эту скорость теплового движения молекул среды.

Варианты данных для задачи 2

Параметр	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ρ_T , кг/м ³	2,6	3,8	7,4	5,2	4,3	8,5	6,1	9,4	2,8	4,7
d , мкм	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1	2	3	4	5
λ , нм	25	40	35	60	30	100	80	55	90	70

Пример решения

Если частица массой m (и весом mg) начинает падать под действием силы собственного веса, то скорость ее движения первоначально возрастает со временем. При полном отсутствии сопротивления среды скорость (V) менялась бы во времени по известному закону:

$$V = g\tau.$$

Однако в реальных условиях, с увеличением скорости будет расти и сопротивление среды (сопротивление движению частицы) и соответственно будет уменьшаться ее ускорение. В результате, через короткий промежуток времени наступит динамическое равновесие: сила тяжести, под действием которой частица движется, станет равна силе сопротивления среды. Начиная с этого момента, ускорение движения будет равно нулю, и частица станет двигаться равномерно с постоянной скоростью.

Скорость такого равномерного движения частицы в среде называют скоростью осаждения и обозначают символом V_{oc} .

Сила, движущая шарообразную частицу диаметром d , равна разности ее веса и выталкивающей архимедовой силы, равной весу среды в объеме частицы:

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_T - \rho)$$

где ρ_T - плотность твердой частицы; ρ - плотность среды; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести.

Сила сопротивления среды движущемуся в ней телу может быть выражена уравнением закона сопротивления:

$$R = 3\pi d V_{oc} \mu$$

Скорость осаждения V_{oc} можно найти из условия равенства сил, действующих на частицу:

$$\frac{\pi d^3}{6} g(\rho_T - \rho) = 3\pi d V_{oc} \mu,$$

откуда

$$V_{oc} = \frac{d^2 g(\rho_T - \rho)}{18\mu}, \quad (3)$$

где μ - вязкость среды.

На скорость осаждения очень мелких частиц влияет тепловое движение молекул среды. В таких условиях размеры частиц (d) становятся соизмеримы со средней длиной свободного пробега λ молекул среды. При этом скорость осаждения оказывается ниже рассчитанной по уравнению (1). Поэтому значение V_{oc} , определенное по уравнению (1), следует разделить на поправочный коэффициент:

$$K = 1 + A \frac{\lambda}{d}; \quad (4)$$

причем величина A меняется в пределах от 1,4 до 20 (для воздуха $A = 1,5$).

Используя выше приведенные формулы (3) и (4), сделаем расчет при следующих параметрах:

$d = 0,8 \text{ мкм}; \quad \rho_T = 4,2 \text{ кг/м}^3; \quad \rho = 1,6 \text{ кг/м}^3;$
 $\lambda = 65 \text{ нм}; \quad \mu = 12,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/(м}\cdot\text{с)} \quad A = 1,5.$

~~16,52
2040 · 10⁻⁶
226,8~~

$$V_{\infty} = \frac{d^2 g (\rho_T - \rho)}{18 \mu} = \frac{0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 9,81 \text{ м/с}^2 (4,2 - 1,6) \text{ кг/м}^3}{18 \cdot 12,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}\cdot\text{с}} = 7,2 \cdot 10^{-8} \text{ м/с};$$

$$K = 1 + 1,5 \cdot \frac{65 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{0,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = 1,12.$$

С учетом поправочного коэффициента получим:

$$V_{\infty} = \frac{7,2 \cdot 10^{-8}}{1,12} = 6,43 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}.$$

Задача 3

Определите уровень загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта по концентрации СО и сравните с нормативным показателем. ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м³.

Варианты данных для задачи 3

Параметры	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Интенсивность движения автомобилей, авт./ч.	200	350	420	180	460	520	600	380	450	25
Состав автотранспорта, %										
легкий грузовой	10	15	5	10	40	5	5	30	15	10
средний грузовой	15	20	15	10	5	10	5	10	20	10
тяжелый грузовой	40	30	50	30	10	5	25	5	10	5
автобус	5	20	15	10	5	10	5	10	5	15
легковой	30	15	15	40	40	70	60	45	50	60
Тип местности по степени аэрации (прил. 2)	4	1	5	6	2	3	5	1	3	6
Продольный уклон (прил. 3)	2	4	0	8	6	4	8	2	0	6
Скорость ветра, м/с (прил. 4)	4	2	6	1	3	5	4	2	5	3
Относительная влажность (прил. 5)	50	80	60	100	70	90	50	90	100	70
Тип пересечения (прил. 6)	1	4	2	6	5	3	4	5	6	2

Пример решения

Пусть интенсивность движения автомобилей по магистрали в обоих направлениях составляет 50 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 10 % легких грузовых автомобилей, 10 % средних грузовых автомобилей, 5 % тяжелых грузовых автомобилей с дизельными двигателями, 5 % автобусов и 70 % легковых автомобилей.

Тип местности 3 – магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон; продольный уклон 2 %, скорость ветра 4 м/с, относительная влажность воздуха 70 %, тип пересечения 1 – со светофорами.

Концентрация окиси углерода (K_{CO}) определяется по формуле:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_U \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi},$$

где: 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³; N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, авт./ч.; K_T – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воз-

дух окиси углерода; K_A – коэффициент, учитывающий аэрацию местности; K_U – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона; K_C – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра; K_B – коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от влажности воздуха; K_P – коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей (K_T) определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{Ti},$$

где P_i – состав автотранспорта в долях единицы; K_{Ti} – определяется по прил. 1.

Поставив значения согласно заданию (или собственные данные) получим:

$$K_T = 0,1 \cdot 2,3 + 0,1 \cdot 2,9 + 0,05 \cdot 0,2 + 0,05 \cdot 3,7 + 0,7 \cdot 1 = 1,41$$

Значение коэффициента (K_A), учитывающего аэрацию местности, определяем по прил. 2. Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой $K_A = 1$.

Определяем по приложениям 3 – 6 значения:

- коэффициента (K_U), учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;
- коэффициента изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра (K_C);
- коэффициента (K_B), определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха;
- коэффициента увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений.

Подставим выбранные значения коэффициентов в исходную формулу, оценим уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода:

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,00 \cdot 1,8 = 17,17 \text{ мг/м}^3$$