

CE 435 : Environmental Pollution Management

- Water Pollution
- ✓ - Air Pollution

Air Pollution

normal level - ambient level এর থেকে বেশি হলে সেটাই প্রায় তার জন্য adverse effect হবে মানুষ, সাধারণত, জীব জন্তুর উপর।

water vapor, CO_2 বেড়ে গেলে air pollution হয় না। কারণ health এর উপর কোন adverse effect নেই। But CO_2 এর জন্য green house effect হয়।

- Type of pollutant
- Concentration
- * - Time of exposure → air pollution এর ক্ষেত্রে জীবজন্তু, water এর ক্ষেত্রে না কারণ source same, amount ও almost same হয়, quality vary করে না।

time of exposure এর সাথে health effect সম্পর্কিত।

Composition of atmospheric gases in clean, dry air and ground level.

99.04% O_2 & N_2

< 1% वाता वातमय effect परे air pollute श्यु,

O_2 & N_2 के percentage over the change श्यु नाई। < 1% के सुलोई change शकई।

Components of Air pollution problem:

वाता वातमय मिश्र श्यु concentration कम श्यु,

source → medium → वाता वातमय pollution कमर ओर केरु क्युत शक।

Categories of Air pollution:

- Outdoor Air Pollution

- Indoor " "

↓

major source वाता वातमय

cooking with biomass fuel in inefficient stoves.

China, India, Bangladesh, Africa-रु किछु केरु

affected शकई।

Effects of Air Pollution : (a) Health * সব থেকে important health.

1873 সাল থেকে air pollution এর record আছে।
burning of coal either for heating or
industrial use এর কারণে এই air pollution হয়।

(b) Agriculture

(c) Climate

CO₂ নামে কারণ air pollutant না।
CO, CH₄, VOC, NO_x — air pollutant + green
house gas

(d) Material → ভাঙসহজ air pollution এর জন্য
সহ্য হয় না।

Overview of Emission :

Primary pollutant → আমি কিছু করছি, যা থেকে
বাস্তব pollutant আসছে। directly বাতাসে যায়।

Secondary pollutant → বাতাসে তৈরি হয়।

xml9
আসলে
এখান
থেকে।
* Process leading to Emission of Primary
Pollutants :

Combustion → সব থেকে বেশি burn করে fuel।

যদি কয়লা সঞ্চার নষ্ট, প্রধান main source of energy

Evaporation → toilet cleaner, room cleaner
একে evaporation হয়।

Grinding and abrasion.

Emission যদি কয়লা সঞ্চার নষ্ট, কয়লা সঞ্চার।

Combustion:

অধিক process develop করে, যাতে combustion হতে
কিন্তু emission হবে না।

complete combustion nature is impossible.

তাই unburn fuel বাতাসে ছেঁকে আসে।

যেহেতু air দিয়ে burn করে, তাই NO and NO₂
উৎপন্ন হয়। pure oxygen নাহে।

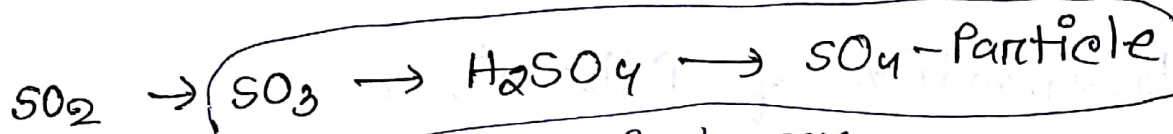
pure fuel নাহে। তাই combustion এর ফলে
emission হবে।

* ভাল করে লক্ষ্য রাখতে।

Secondary Pollutants:

O₃, sulfate particle কোন কোন source থেকে বের হয়

ना, बातायेते ठेठि शुद्ध।



* अन्न काय पत्र।

air 4 शुद्ध

Major sources of outdoor pollutants:

- Mobile source कि-
- Off road vehicle कि-



अकारण सकृष्ट slum 4 वृत्ता काय प्रकृत, अकारण cyclic way 4 pollution शक, अकारण type source अकारण area source.

minor source \rightarrow area, incineration,

~~misc~~

major source \rightarrow mobile source, stationary source

Volcanic eruption \rightarrow natural, आवाक्युव साङ्गि 4-
प्र pollution शुद्ध, अकारण eruption 4 अकारण प्रकृत प्रकृत
pollution शुद्ध।

* 5 BY point লেন কটুব পড়তে হবে।

Classification of pollutants :

(a) According to origin

এবং থেকে থেকে কৃত্রিম দুই করে classification

* example সহ পড়ব।

(b) According to chemical composition

একই pollutant organic inorganic

(c) According to state of Matter

Aerosol → solid or liquid হতে পারে।

* μm এ আসে। example সহ পড়তে হবে।

Lecture 2

Important Terms :

Criteria Pollutants : માટેથી જન્ય health-based criteria ફિઝ વચ્ચે સ્થાપિત છે । Pollutants for which health-based standards or 'criteria' have been set. GBV

SLCP :

4BT, health, agriculture & climate ના effect ધારે છે । જન્ય વાતાવરણમાં વચ્ચે સ્થાપિત છે । વાતાવરણ residence time in atm વચ્ચે ।

SLCPs : Lifetimes in the Atmosphere

CO₂ જન્ય સ્તર થી વચ્ચે સ્થાપિત છે ।

* જન્ય વાતાવરણમાં વચ્ચે સ્થાપિત છે ।

Units of Measurement :

mass / unit volume

parts per million volume

Relationship between two units :

* derivation লেনে কনভার্ট পড়তে হবে। math আসবে,

$$\text{Conc. in mg/m}^3 = \frac{\text{Conc in ppm} \times \text{MW}}{22.414} \times \frac{273P}{T}$$

P = pressure in atm

T = Temp in K

Conversion of units :

Ex 1 : Bangladesh national ambient air quality standard for CO is 10 mg/m^3 .

Solution :

$$\mu\text{g/m}^3 \times 1000 = \text{mg/m}^3$$

$$\text{Conc. in mg/m}^3 = \text{conc. in ppm} \times [\text{MW} \times 22.414] \times \frac{273P}{T}$$

$$\therefore 10 = \text{conc in ppm} \times \frac{28}{22.414} \times \frac{273 \times 1}{298}$$

$$\therefore \text{conc. in ppm} = 8.7$$

Air quality standard for CO is 8.7 ppm

[Assume, P = 1 atm, T = 25°C = 298 K]

Ex 2 : Bangladesh national ambient air quality standard for NO₂ is $100 \mu\text{g/m}^3$ (annual).

Express the standard in ppm.

Regulations/standards :

a) Emission standard : source and emission
standards.

b) Air quality standard

Emission and ambient air, ambient air-cleaner
air. Emission depends on available
technology and depends on.

Air quality and health effect are
related, and air quality and health effect
are related. Air quality and health effect
are related.

Example of emission standards :

Ex 1 : Petrol / gas driven motor vehicle
(< 8 seater) : standard at the time of
registration :

CO : 2.2 gm / km

H₂O + NO_x : 0.5 gm / km.

ଏହା value କୁଁ enough ନା।

Driving cycle ଓ important. \rightarrow ବନ୍ଦିବା ବ୍ରାକେ, accelerate or decelerate ବନ୍ଦିବା ଟାଣିବିନ୍ଦୁ ଡେଲିଗୁ depend ବନ୍ଦିବା।

Ex 2: Gas-fired power plant.

Air quality standards:

basis ହେଉଛି health. କୁଁ value ଦିଆଯିବ ହେବ ବା, time ମାତ୍ରାବ।

* why averaging period? [x m ଓ ଖାତାବ]

40 mg/m^3 ଚେ ଆକଳନ 1 hr ଆକଳନ ଥିବି
ଅଗି, 10 mg/m^3 ଚେ ଚେ 8 hr ଆକଳନ same
ଅଗି ହିବ।

Revised National Ambient Air Quality Standard:

All are PM

- SPM = Suspended Particulate Matter
- PM = Particulate Matter
- PM_{2.5} = Particulate Matter with size $\leq 2.5 \mu\text{m}$
- PM₁₀ = Particulate Matter with size $\leq 10 \mu\text{m}$
- PM_x = Particulate Matter with size $\leq x \mu\text{m}$

$$PM_{10} = PM_{2.5} + PM_{2.5-10}$$

ছোট্ট বড় standard. বড় PM - SPM, PM_{10} , $PM_{2.5}$

* PM_{10} , $PM_{2.5}$ মূল বায়ব value.

$PM_{2.5}$ & PM_{10} most harmful.

PM এর জন্য বড় standard - SPM, $PM_{2.5}$, PM_{10}

10 এর বেশি size হলে বড় বেশি ক্ষতিকর।

মত ছোট, তাই ক্ষতিকর। $PM_{2.5}$ ক্ষতিকর।

বড় হলে settle করে যায়।

WHO Ambient Air Quality Guideline:

অনেক restricted. আদ্যুত এখন যেতে পারিনি।

Air Quality Index: (AQI)

single value. বেশি হলে বাতাস খারাপ, কক্ষ

হবে ভাল।

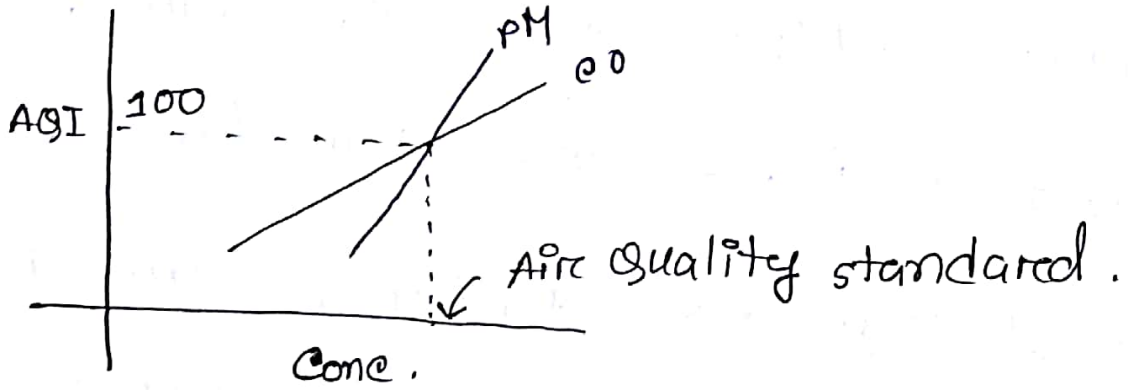
100 এর কম হলে ভাল। বেশি হলে খারাপ।

AQI categories:

sensitive group → শিশু, বৃদ্ধ-মানুষ, disease
আছে এমন।

AQI Categories (Bangladesh):

Principle of AQI calculation:



Conc. air quality standard লক্ষ্যে পৌঁছান হলে AQI around 100 হবে। (যেকোনো pollutant ধরে লক্ষ্য।)

Purpose of AQI: (খম ও উচ্চ)

calculation of AQI: (খম ও উচ্চ)

PM

CO

Pb

NO₂

SO₂

O₃

যেকোনো প্রকারের লক্ষ্য 100 reach করলেই বাতাসের
গুরুত্ব থাকবে।

conc. କେ EQI କେ convert କରାଯାଏ ।

ଯଦି EQI highest କେବଳ critical pollutant.

କେବଳ government କରାଯାଏ ।

Chart : ଅନୁସୂଚିତ ସୂଚକ ।

unit ppm ଓ ମାଗାଡ଼ O₃

PM $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PM _{2.5}	15.5 - 40.4	ସମତ 15.5 କିମ୍ବା ତଳେ AQI 51
		40.4 " " 100

standard change କିମ୍ବା ଅନୁସୂଚିତ chart ଓ change କିମ୍ବା ଅନୁସୂଚିତ .. କିମ୍ବା standard କରାଯାଏ ।

Reporting :

Important.

Sensitive group chart \rightarrow ସୁଧାରଣ କରାଯାଏ ।

Prbm 1 : On a particular day, the following air quality data have been recorded :

PM_{2.5} = 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24-hr)

PM₁₀ = 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24-hr)

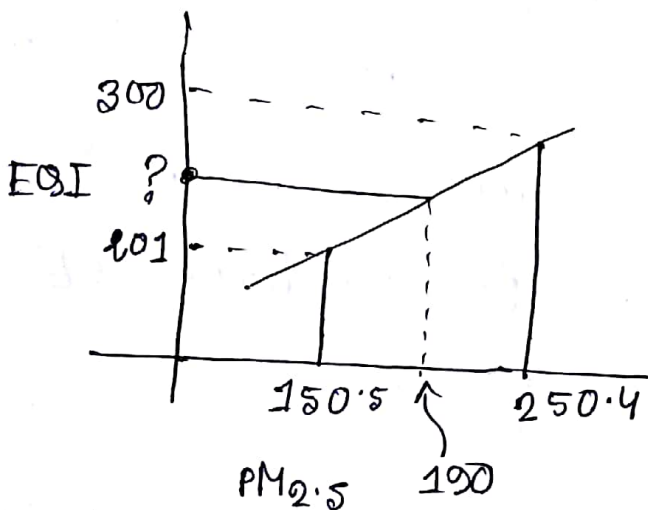
O₃ = 0.095 ppm (8-hr)

Calculate & Report AQI.

Solution :

$$\text{AQI}_{\text{PM}_{2.5}} = \frac{300 - 201}{250.4 - 150.5} \times (190 - 150.5) + 201 = 240$$

[$\text{PM}_{10} > \text{PM}_{2.5}$ কারণ PM_{10} এর মধ্যে $\text{PM}_{2.5}$ included]



$$\text{PM}_{10} \text{ AQI} = 163$$

$$\text{AQI for } \text{O}_3 = 127$$

Reporting area : Dhaka

Reporting date :

Critical Pollutant : $\text{PM}_{2.5}$

$$\text{AQI} = 240$$

Description সাধারণ বা Sensitive group \rightarrow chart

Other pollutants with index > 100 :
 $\text{PM}_{10} : 163 ; \text{O}_3 : 127$.

Ashraf Sir (3)

Formation, sources and Effects of criteria

Pollutants :

Criteria pollutants : PM, Pb, CO, SO₂, NO₂, O₃

PM - যথাক্রমে তেজস জাছে এমন solid molecule

particle ; $0.005 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$ (size range ~~is~~
 ব্রাহ্মণে ২৫০ নম)

Terms used to describe PM :

Smoke, soot, Black carbon বেমি ক্ষতিকর ,

* ক্ষতিকর করে দেবে না। জানতে হবে।


Black Carbon / soot :

জিঞ্জি, পোড়ান থেকে যে কালো ধূসর particle
 বের হয় সেটা।

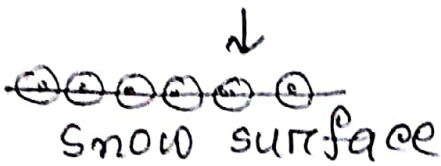
* Source জায়গা x m এ। ছোট করে পড়তে হবে।

Health effects :

size ছোট, তীব্র দুর্গন্ধ blood এ ক্ষতি করে যেতে পারে,
 এটা গুরুতর অনেক harmful chemical থাকতে পারে।

 → harmful chemicals (e.g., PAHs)
 BC particle remain attached to BC

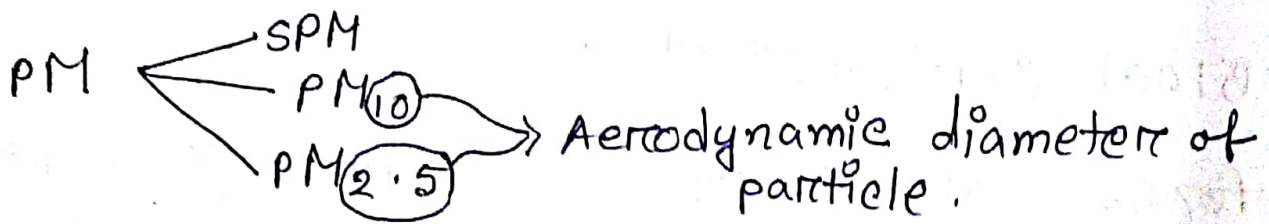
Climate effect :



Albedo/ reflection কমার কারণে। heat soak করে, বৃষ্টি জমায়ে। Flood বাড়ে।

* Effects ভিন্ন করে পড়ে হবে।

Size of PM : Aerodynamic Diameter.



size regular না।

Aerodynamic Diameter :

যেখন PM এর d হবে একই sphere এর dia
এর সমান হবে settling velocity, \therefore particle এর
settling velocity-র সমান।

* ভাল করে পড়ুন।

ফিল্টার কয়েক PM আটকে থাকে। কঠিন air ও
কঠিন PM আছে তাই বহু করা যায়। \therefore SPM।

PM_{10} or $PM_{2.5}$ এর জন্য special device এ
একই centrifugal force দেয়া হয় যাতে বায়ু (লা)
বাদ পড়ে যায়।

Distribution and characteristic :

যেকোনো জায়গায় আছে nature থেকে।

10% আছে human body থেকে। \therefore distributed

না। যেখানে মানুষ বেশি সেখানে বেশি। \therefore \therefore

industrial area তে। non-uniform distribution।

হেট জায়গায় থাকে, তাই \therefore \therefore

10% contains conjugate particle than 90%.

Size distribution :

বাতাসে ২ ধরনের particle - ছোট ($0.1 \mu\text{m dia}$)
বড় ($10 \mu\text{m dia}$)

বড় গুলো আসে soil and ocean থেকে (natural)
ছোট গুলো আসে fossil fuel থেকে (anthropogenic)

* Why anthropogenic particle more harmful than natural particle? [xml এ আছে]

Source Apportionment PM in Dhaka :

" " " " Rajshahi :

Health Effects of PM :

PM সবচেয়ে বেশি ক্ষতিকর। PM কমাতে বাকি গুলোও কমান খায়ে।

Depend করে - কি লুকছে এবং কোন পর্যন্ত লুকছে।

Deposition of PM in the Respiratory System :

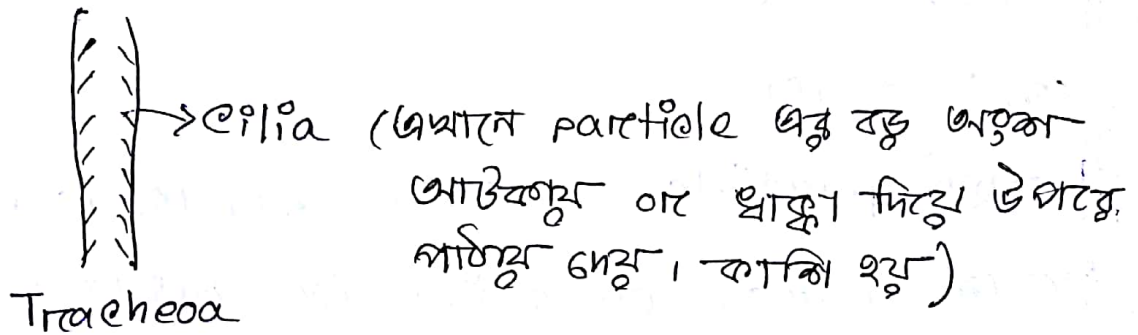
1. Head airway region
2. Lung airway region (২৩% ভাগ আছে)

3. Pulmonary/ Alveolar Region (gas transfer zone)

PM > 10-15 μm শিল নাক থেকে মুখে আউটকাম হয়।

Head Airway region \rightarrow Natural defence

removes PM with size $\geq 10-15 \mu\text{m}$



Lung Airway region - Natural defence present

Pulmonary region $\&$ no natural defence,

lower respiratory system, gas transfer

কয়েক মাস না infection হলে, তখন particle

গুলো বের হয়। তবে PM_{2.5} খাবার, এরপর

এখানে বের।

PM deposition mechanism:

4 Br point. * কোন কাজ করতে হবে।

(1) Impaction

PM খত বড়, impaction efficiency বাড়ে।
wt বেশি, moment বেশি।

(2) Settling

নিচের দিকে পড়ে যায়

(3) Diffusion

ছোট particle, মাফানি করে বেশি। side এ
গলে mucus or saliva কে আটকিয়ে যায়,
অন্য cilia দ্বারা দিখু লাঠি।

(4) Interception

বড় particle, long.

Inhaler → quickly blood এ পৌঁছায় দেয়, স্বাস্থ্যের
* স্বাস্থ্যে।

Lead :

পেট্রোল এ antiknock agent হিসেবে lead ব্যবহার
করা হয়।

Blood lead concentration in Bangladesh:

সুদীর্ঘ কাল আগের সা।

Paint lead এর অন্যতম source। Paint এর সন্নিবেশ
এই dust উড়ে এসে Lead থাকে।

Carbon Monoxide :

Complete burn করতে পারি না দেখে CO তৈরি হয়।

Sources of CO

Health effects of CO

হিমোগ্লোবিন carries 4 O₂ molecule।

CO, O₂ কে replace করে দেয়। অর্থাৎ Hb এর
capacity কমায় যায়। CO থাকে O₂ সুলো ছাড়তে
দেয় না। অর্থাৎ oxygen transfer কমায় যায়।
ফলে tired লাগে কারণ lower level of
oxygen transfer।

* গুরুত্বপূর্ণ শর্ত।

* graph দেখাব।

Calculation of % COHb in Blood

Lecture-4

Formation, Sources & Effects of Criteria.

Pollutants : - PM

- Pb

- CO

- SO₂

- NO₂

- O₃

(D) Sulfur Dioxide (SO₂)

SO_x → SO₂ and SO₃

↓
Criteria
pollutant

↓
Criteria pollutant नि।

S containing fuel

burn → SO₂
(some SO₃)

air
(OH) → SO₃

H₂O

SO₄ ← H₂SO₄ droplets
(acid rain)
Particles
(PM)

gas থেকে H_2SO_4 droplet, জড়পদ্রব এবং droplet ই-
particle শৃঙ্খল করে।

$SO_2 \rightarrow$ primary (direct তৈরি হয়)

$SO_4 \rightarrow$ secondary

* Cycle describe করুন, [eqⁿ + লক্ষ্য]
জান করুন করতে হবে।

যেহেতু সামান্য particle বাতাসে থাকলে বেশি দূর
তদ্রূপ হয় না, health effect আছে।

global warming কমতে পারে, পৃথিবীকে cool
down করে।

Major Sources:

Coal ও অবশেষে থেকে, ইন্ডিয়ান coal ও অবশেষে
থেকে, globally emission কমছে, but ভারতের
থেকে থেকে।

অবশেষে থেকে ও disease জিজ্ঞাসা, অবশেষে কম
natural gas ও।

ভারতের থেকে Eastern Refinery থেকে sulfur

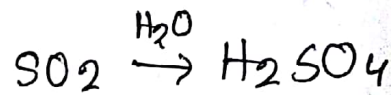
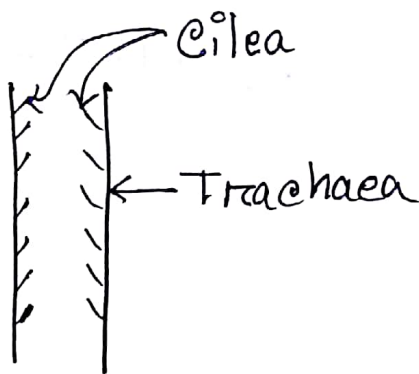
treatment এর refinatory নাহে, তাহে 5 এর বেশি
জোয়ারদেব তদন্ত।

Health Effects of SO_2 :

* দেহের ক্ষতি

কোন ইন্ড্রুথ থাকলে ক্ষতি নাহে, যত বেশি ইন্ড্রুথ
থাকে, তত ক্ষতি।

* Simultaneous presence of SO_2 and
PM in air:



↓
Paralyzes Cilia

↓
PM easily penetrates
deeper into respiratory
system.

* কোন ক্ষতি গুলিয়ে মিথ্যে হবে।

বাস্তবে PM and SO_2 যদি একসাথে থাকে, তখন SO_2
Cilia কে paralyze করে দেয়। ফলে PM সহজে
respiratory system এ প্রবেশ করে, তাহে বেশি
ক্ষতি হয়।

Effects of SO_2 on materials :

Materials containing carbonates : e.g. Marbles

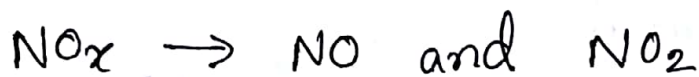
Example :



↑
Much more soluble than
 $\text{CaCO}_3 \rightarrow$ washed away by
rain.

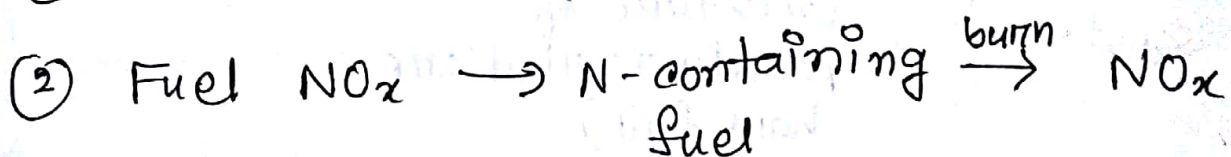
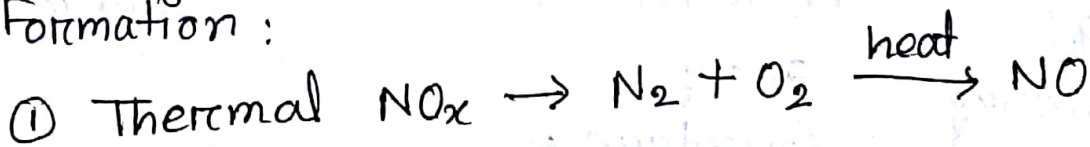
ভাঙা মার্বেল পথের মার্বেল (CaCO_3) দ্রুত গলে যায়।
দীর্ঘ সময় ধরে থাকে। long period of time.
জানামার জিন বসে গলে যায়, short period of
time & rust গড়ে থাকে।

Nitrogen Dioxide (NO_2):



↑
criteria pollutant.

Formation :



শুদ্ধ বাতাস গরম করলে NO তৈরি হয়।

অন্যথেকে বেশি N coal এ, natural gas এ
অন্যথেকে কম।

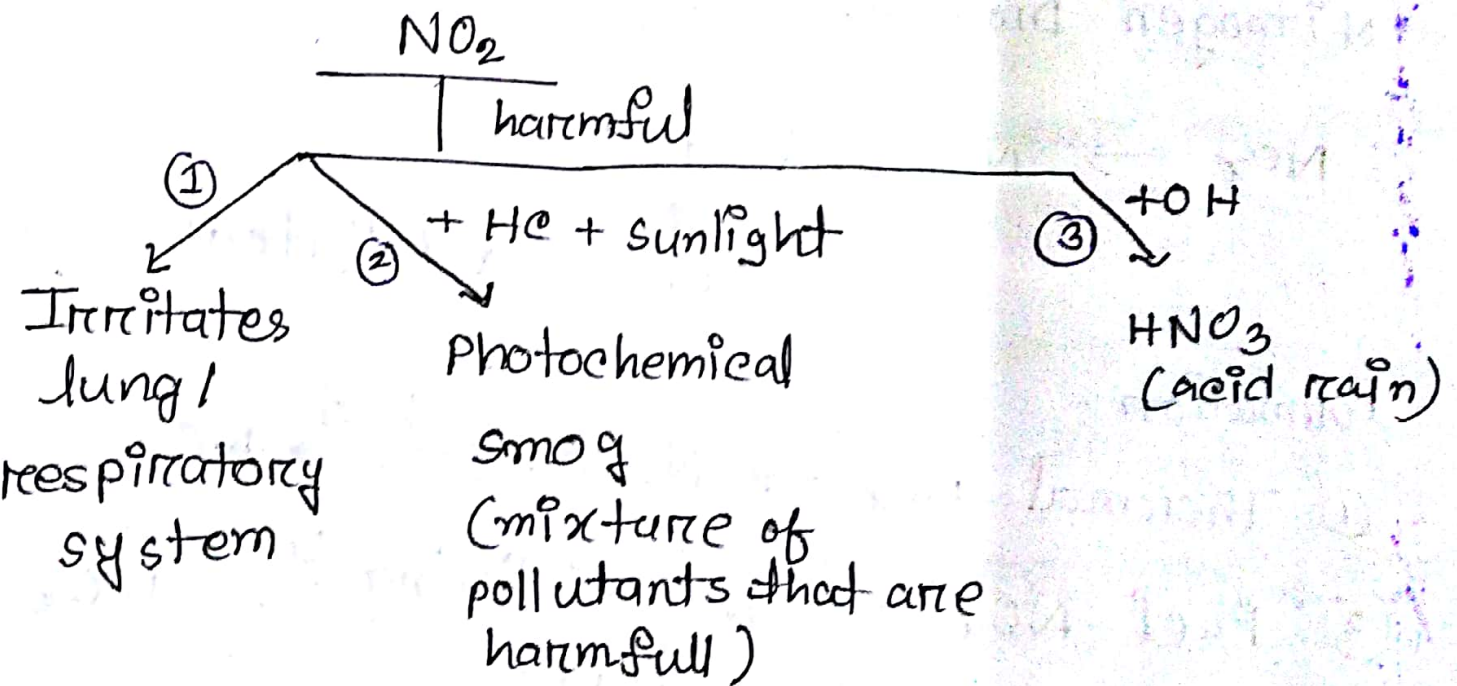
① এর জন্য কোন fuel লাগে না। শুদ্ধ গরম
করলেই হয়। তাই concern issue.

* ভাল করে পড়।

Effects of NO_2 :

$NO_x \rightarrow NO$ and NO_2

↓
Not harmful at concentration normally
encountered.



* ভাল করে পড়। (3 এর harmful)

Photochemical smog and Ozone:

O_3 → a secondary pollutant

Produced along with a number of other pollutants collectively referred to as 'photochemical smog'.

Not same { Smog → smoke + fog

{ Photochemical smog → mixture of pollutants O_3 , formaldehyde etc.

Series of pollutants → photochemical smog.

অনেকগুলো টেবিলি হয়, But O_3 খুঁজি অতিকর।

* photochemical smog কি?

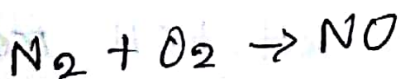
Effects of photochemical smog:

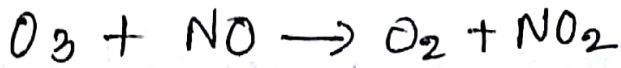
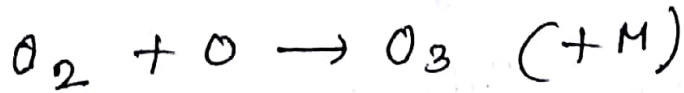
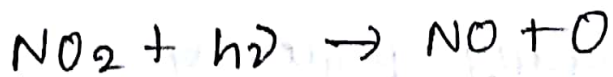
O_3 - adverse impact

- ① Health
- ② Agriculture
- ③ Material (Rubber)

* গাড়াও শর।

~~Formation:~~ (a) $NO - NO_2 - O_3$ Reaction Sequence:





ঠেঁড়ি হয়, আবার জাড়ে।

বাতাসে এখন কিছু আছে NO, NO কে কন্সিট্রুট
দিয়ে, NO₂ কে বাড়িয়ে দিয়ে। ফলে O₃ এর
অধিকার বাড়ছে। এর কাজের কাজে H₂C

Hydrocarbon and Hydroxyl Radical (-OH)
present in air → promotes formation of NO₂
and destruction of NO.

This leads to enhanced concentration of O₃
and production other pollutants (photochemical
smog)

Hydrocarbon - NO_x - O₃ Reaction Sequence:

OH এর conc বাতাসে খুব কম। এর pollutant নী,
বাতাসে enough OH নামে এই- RH + OH reaction

ধান্য উৎস, তাই অন্য reaction আছে,

* Conversion of NO to NO₂ by Hydrocarbon:

Chart

২য় NO₂, অন্য aldehyde • produce করে।
আর অন্য OH করে আসতে to continue the process.

* exam এ আসতে [eqⁿ of reaction + chart]

Conversion of NO to NO₂ :

* কোন কয়টা পড়বে সেটা বুঝে।

Formation of Acetaldehyde from Ethane:

* reactions পড়বে সব।

→ বুঝিয়ে দেওয়া extra class.

Lecture-5

Air quality Monitoring facilities in BD :

CAMS - Continuous Air Monitoring Station.

3 in Dhaka, 2 in CTB.

অবশেষে ডাটা data generate করলে BAEU.

IAEA → International Atomic Energy.

•

Parameters Monitored at CAMS :

নেট থাকে PM এর জন্য, PM digest করে নেট

পাওয়া যায়। তাই নেট দাঁতের মাধ্যমে হয় না।

Figure: Monthly avg. concentration of PM_{10}

April 2002 - Jan 2017

Oct, Jan এ অনেক বেশি। দারুণ season এ

বেশি। peak 2013 এ বেশি। But অন্য অব

স্থানান্তে কমানছে। কমানছে দিকে। peak 5 গুণ।

Monthly avg of $PM_{2.5}$

দিনে দিনে quality আরো কম হচ্ছে না। PM কমছে।

PM in different cities:

উদাহরণ।

NO₂ : Shangshad Bhaban CAMS.

NO₂ খুব বেশি বাড়ছে না।

O₃

Standard থেকে অনেক কম।

PM₁₀ & PM_{2.5} খুবই বেশি। graph খুবই skewed।

* Observation - (আজকে ২০১৭)

আমাদের বাতাসের অবস্থা খুবই খারাপ PM₁₀ & PM_{2.5}

এর respect এ। standard এর তুলনায় ৪-৫ গুণ

বেশি হয়। seasonal variation very strong।

এই variation এর কারণ →

Reason for strong seasonal variation (Dhaka)

- Precipitation - Brick kiln Location & Wind direction.

* Effect of Seasonal weather pattern

wind rose (*) বাতাসের অবস্থা sinusoidal ফেন-

* Effect of seasonal Pollution Source

dry season এ north-west থেকে বাতাস আসে।

তখন বি direction এ হাওয়া বহে। তাই

কোন PM বেশি থাকে।

যদি dry season এ বাতাসের দিক-সময় season change করে তবে তখন বাতাসের PM অনেক বেশি থাকে। তাই precipitation ময়ূর না। Brick kiln ময়ূর কারণ।

Major Actions for Improving Air Quality :

গাড়ি, মানুষ বাড়লেও বাতাস দূষণ হচ্ছে না because of use of CNG.

কোন brick kiln এ 120' chimney use হয়। তাই শক্তি উচ্চ নির্ধারিত level এ precipitate করে আত্মীয়ের air quality দূষণ করে।

* Construct word air pollution এর অন্তর্ভুক্ত কারণ।

↓ major roll in deteriorating air quality (নিধারিত হবে)

Transformation of Brick Kiln

Drawback → implementation অনেকটা দুঃসময়। কারণ আত্মীয়ের design কারণে & স্থানীয় capacity নেই।

~~Air Pollution & Meteorology:~~

Other reasons for poor air quality in dry season:

- Civil construction works
- Meteorology.

Air pollution & Meteorology:

Meteorology:

বাতাসের temp ও roll play করে air পরিষ্কার হওয়ায় জন্য।

Troposphere + stratosphere → low atmosphere
(50 km almost)

The layers of the Atmosphere:

যাট উল্লসে উঠবে তাট সীমিত।

surface স্তরত উত্তর কারণে নিচের air স্তরত থাকে।

Lapse Rates

Rate of change of temp of air or a parcel of air/gas with altitude.

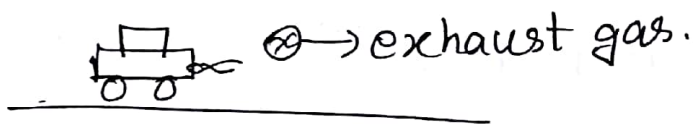
Ambient lapse rate (γ): Rate of change of

temp. of natural air with altitude.

Adiabatic Lapse Rate: (Γ) Rate of change of temp. of a parcel of air (gas (e.g; exhaust gas) with altitude.

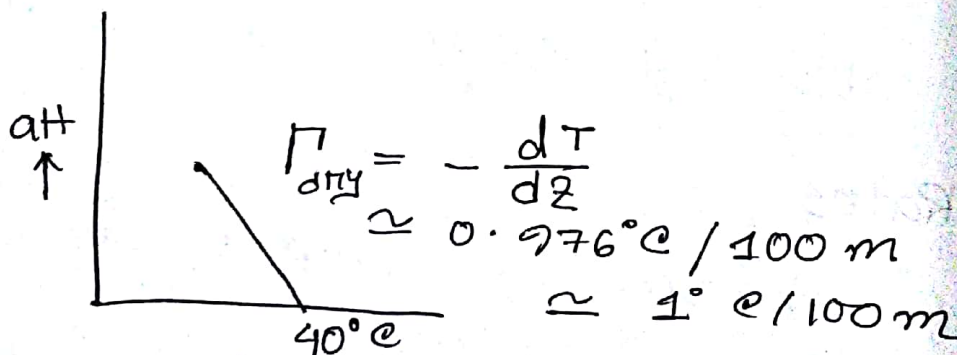
Adiabatic Lapse Rate;

Industry or গাড়ি থেকে।



গাড়ির থেকে গরম গ্যাস। তাই উল্লস উঠবে। উল্লসে মেতে মেতে temp কমবে।

উইল law ব্যবহার করে rate Γ কমবে বের করা যায়।

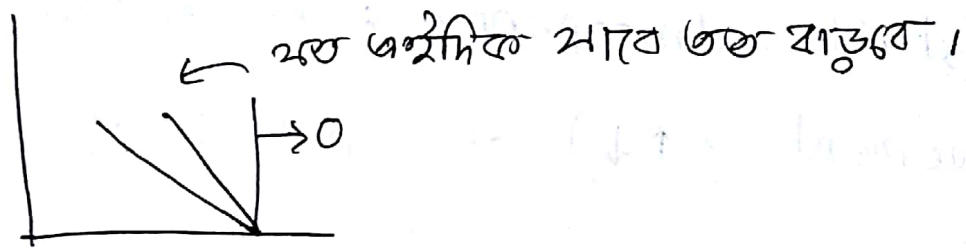


প্রতি 100m Γ 1°C কমবে। উইল adiabatic lapse rate।

ধুব থেকে moisture থাকলে, $\Gamma_{wet} = 0.6^\circ C/100m$.

* normally Γ_{dry} ধুব যদি না wet বলা থাকে,

$$\Gamma_{dry} = 1^\circ C/100m$$



Temperature Inversions:

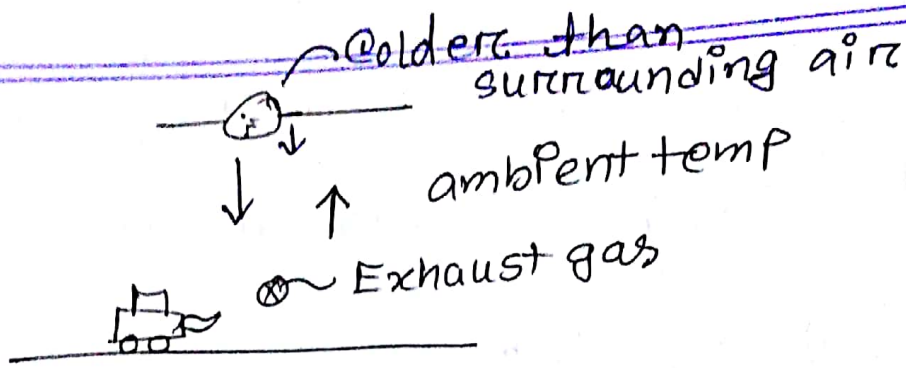
না স্পষ্টে বোঝা মাত্র না।

কীটকাম্ম সব থেকে বেশি variation.

কীটকাম্ম প্রতিদিনই inversion হয়। নিচের বাতাস ঠাণ্ডা হয় but উপরের বাতাস গরম থাকে।

Atmosphere stability:

Exhaust gas উৎসে মাত্র যদি উচ্চ temp, বাতাসের থেকে বেশি হয়। যদি উৎসের বাতাস ঠাণ্ডা হয় তখন নিচের দিকে নামবে, ~~যদি~~ অর্ধদিক তত বাতাসের temp same না হয়।

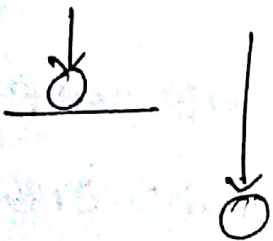


Unstable atmosphere : Encourages vertical movement ($\uparrow\downarrow$) of parcel of air.

Stable atmosphere : discourages vertical movement

Neutral atmosphere : Neither encourages nor discourages vertical movement.

જિલ્લો થતો કોણુવું કુણ્ણિ નાજાઈ, જાણુ ડીજીવું
 pressure વધી જાણુ જાણુ. જાણુ compressed
 જાણુ temp. વાણુ થાણુ.



$$\Gamma_{dry} = 1^\circ / 100\text{ m} \quad T = 20^\circ\text{C}$$

100 m \uparrow		100 m \downarrow
$T = 19^\circ\text{C}$		$T = 21^\circ\text{C}$

Unstable :

ଦୃଷ୍ଟାନ୍ତ ଦୁଇଜଣି- ଏକଟୁ ନାଡ଼ୁଲେଇ move କରୁତେ ଚାହୁଁ ,
ଗିଠି- ନାମାତମ ଆବଶ୍ୟକ ନିରୁଚି ନାହାନ୍ତି & vice versa ,
mixing encourage କରୁ ।

Stable :

ଓପାସ୍ତୁ ଓପାସ୍ତୁ- ଚାହାନ୍ତି- ନିଚି ନାହାନ୍ତି ।
ନିଚି ନାହାନ୍ତି- ଚାହାନ୍ତି ଓପାସ୍ତୁ ଓପାସ୍ତୁ ।
mixing ଥୁ ନା ।

Neutral :

ଏ position ଯେ ହାସି ହାସାନ୍ତି comfortable ।

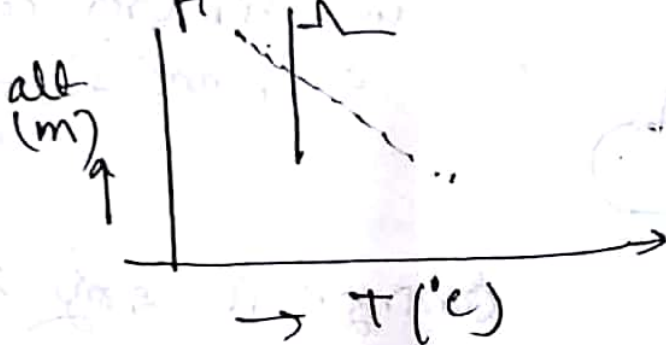
Lecture 6

Atmospheric Stability:

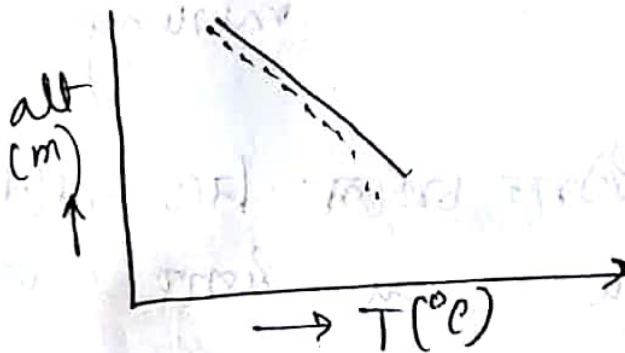


i) $\alpha > \Gamma \rightarrow$ Unstable atmosphere (encourages vertical movement of 'plume')

ii) $\alpha < \Gamma \rightarrow$ Stable atmosphere (discourages vertical movement)



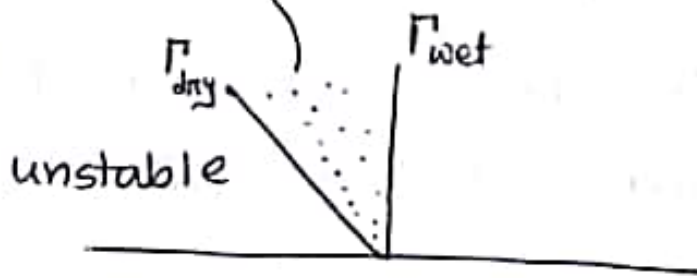
iii) $\alpha = \Gamma \rightarrow$ Neutral Atmosphere




Q. Stable, unstable, Neutral atmosphere or (or) for 341


* Stable, unstable, neutral atmosphere সম্বন্ধে
কি বুঝ?


Atmosphere lapse rate adiabatic এর বেগি থাকলে
unstable, সঠিক Γ_{dry} এর বৃদ্ধি থাকবে।
conditioned





unstable সঠিক looping system এর
ঘুরতে ঘুরতে ধোঁয়া বেবু হবে।

Stable সঠিক sinking 

Neutral এর coning সঠিক 

Inversion এর ক্ষতিকালের সকাল দেখা যায় যে
ধোঁয়া নিচের দিকে নামে। 

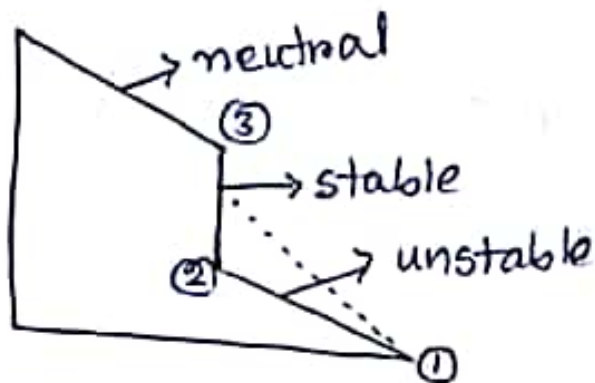
আবায় অনেক-সকাল দেখা যায় উপরের দিকে উঠে। 
এই আবায়ের জন্য coning

Trapping → 

* ଟୋ shape ଦୁଇ ଭାଗ କରାଯାଇ ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି ।
 shape ନିମ୍ନରେ ଦିଆଯାଇଛି କି ?



lefting ଏ ଯେଉଁଠି ଉପରକୁ ନିକଟରେ ଥିବା ଶାଖା, ତାହା 120 ଫି ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ ନାହିଁ ନାହିଁ 'mixing' ହୁଏ । dilute ହୁଏ ଯାହା, ତାହା adverse effect କରେ ।



- ① ଯେଉଁଠି emission ହୁଏ ତା ଉପରେ ଉପରେ ଉପରେ ରଖାଯାଏ
- ②-③ line ଦର୍ଶାଏ କିପରି ତଥ୍ୟ $\Delta = \Gamma$ ଏବଂ ଏହା ଉପରେ ଉପରେ $\Gamma > \Delta$ ତାହା ନିର୍ଦ୍ଧାରଣ କରାଯାଏ ।

Estimation of Mixing Depth / Height :

সীতলাজে বাতাসের অবস্থা অনুসরণ করে।

precipitation, wind direction, position of polluting industries & atm. condition.



Ⓐ এবং চক্রে Ⓑ চক্রে pollution বেশি, কারণ same emission হলেও mixing কক্ষ শূন্য।

বাতাস বেশি হলে pollution কমে কারণ তা pollutant কে নিয়ে যাবে।

mixing ht ↑ pollution ↓

wind speed ↑ pollution ↓

Ventilation Co-efficient (Vc) :

$V_c = \text{Mixing height} / \text{depth} \times \text{wind speed (at the middle of mixing depth)}$

$V_c \uparrow \text{ pollution } \downarrow ; V_c \downarrow \text{ pollution } \uparrow$

Estimation:

প্রথমে ambient condition আঁকব। Then 'দেখাব' emission কোন point থেকে যেতে কি temp এ হবে। then $1^\circ\text{C}/100$ slope আঁকব। $1^\circ\text{C}/100$ slope ambient curve এ যে point এ intersect করে, $1^\circ\text{C}/100$ mixing ht, এর উপরে উঠবে না, যদি ambient line কে intersect না করে তবে তা উপরে উঠবে শাকবে।

Problem:

① Suppose the ambient atmospheric temperature profile of an area is given by the following equation:

$$t_c = 30 - 0.005z; \text{ where } z = \text{altitude in 'm'}$$

If temp. of a plume emitted at the ground surface is 34°C and avg wind speed is 5.7 m/s , estimate the ventilation co-efficient and comment on the pollution potential of the area.

Solⁿ :

eqⁿ curve with, graph at various z to graph with time consuming.

At point (270 emission 20 & point 2 slope trace),

At the point of intersection,

$$30 - 0.005 z = 34 - 1z = 34 - 0.07z$$

$$\Rightarrow (0.01 - 0.005) z = 34 - 30$$

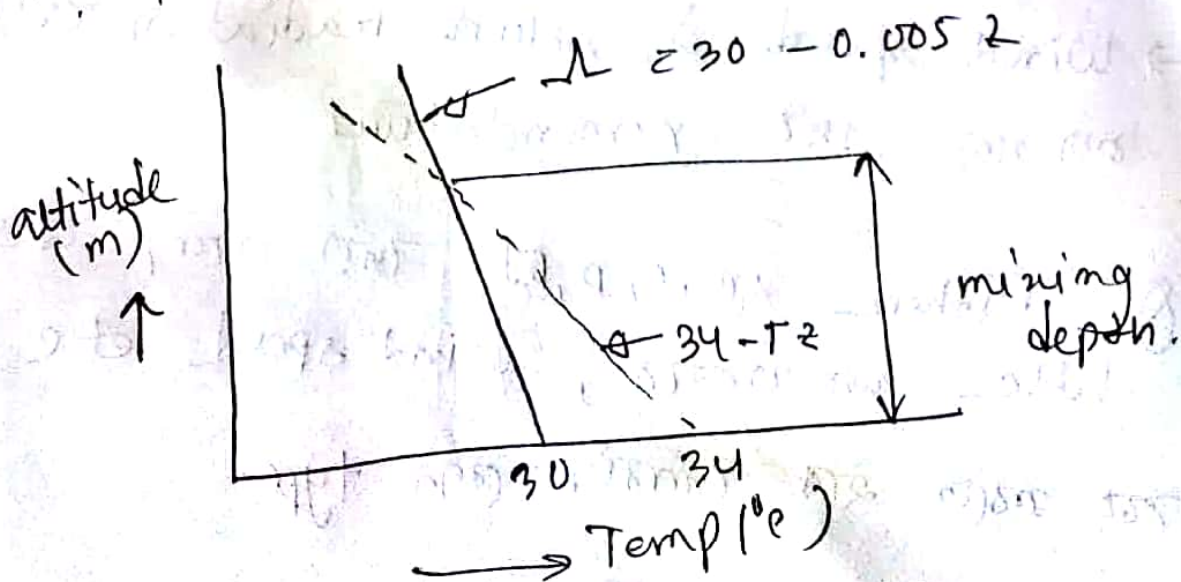
$$\text{or, } z = \text{mixing depth/height} = 800 \text{ m}$$

Now, Ventilation coefficient = Mixing depth * wind speed

$$= 800 \text{ m} \times 5.7 \text{ m/s}$$

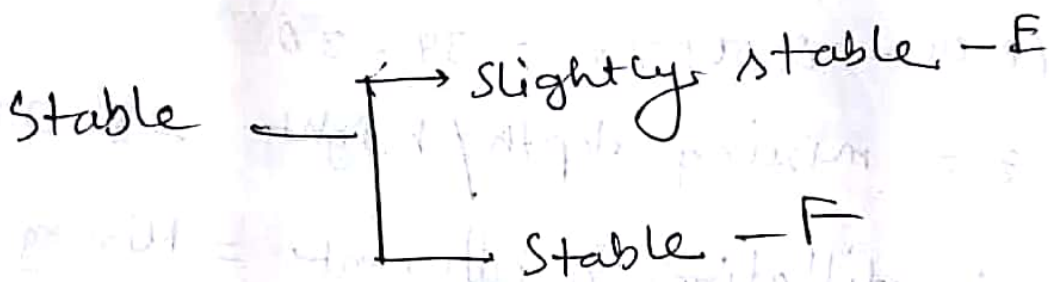
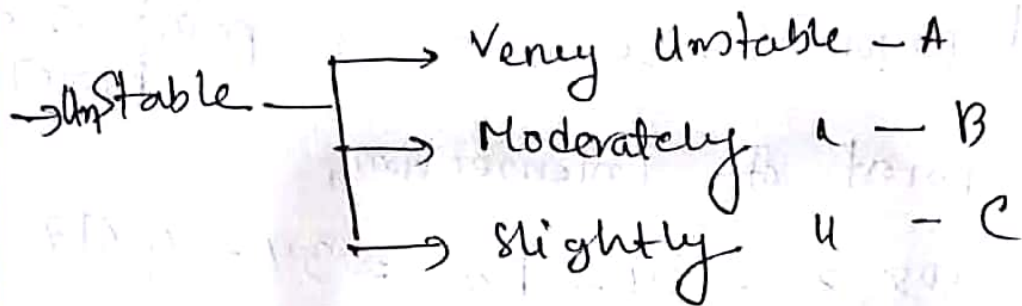
$$= 4560 \text{ m}^2/\text{s} < 6000 \text{ m}^2/\text{s}$$

The area has high pollution potential.



Atmospheric stability classes.

→ Stable, (ambient temp. ସମତାପ ଥିବା ବାତମଣ୍ଡଳ) ଗରମ ବସ୍ତୁ ଉଠିବା ପାଇଁ ଯତ୍ନ କରେ ।



Neutral → D

ଅନ୍ତର୍ଗତ ସଂକଳନ ଏବଂ Nomenclature (A, B, C, D, E, F)

use କରାଯାଏ । ଗରମ ବସ୍ତୁ ଉଠିବା ପାଇଁ ଯତ୍ନ କରେ ।

→ Wind speed & solar radiation ଉପରେ ଉପର କରାଯାଏ ଏବଂ nomenclature.

୦. Bithen A, B, C, D, E, F ଉପର କରାଯାଏ, ଉପର table ଉପରେ, wind speed etc. ଉପରେ ଉପର କରାଯାଏ ଉପର ଉପରେ ଉପର.

unstable 2nd dispersion and 20 km/hr

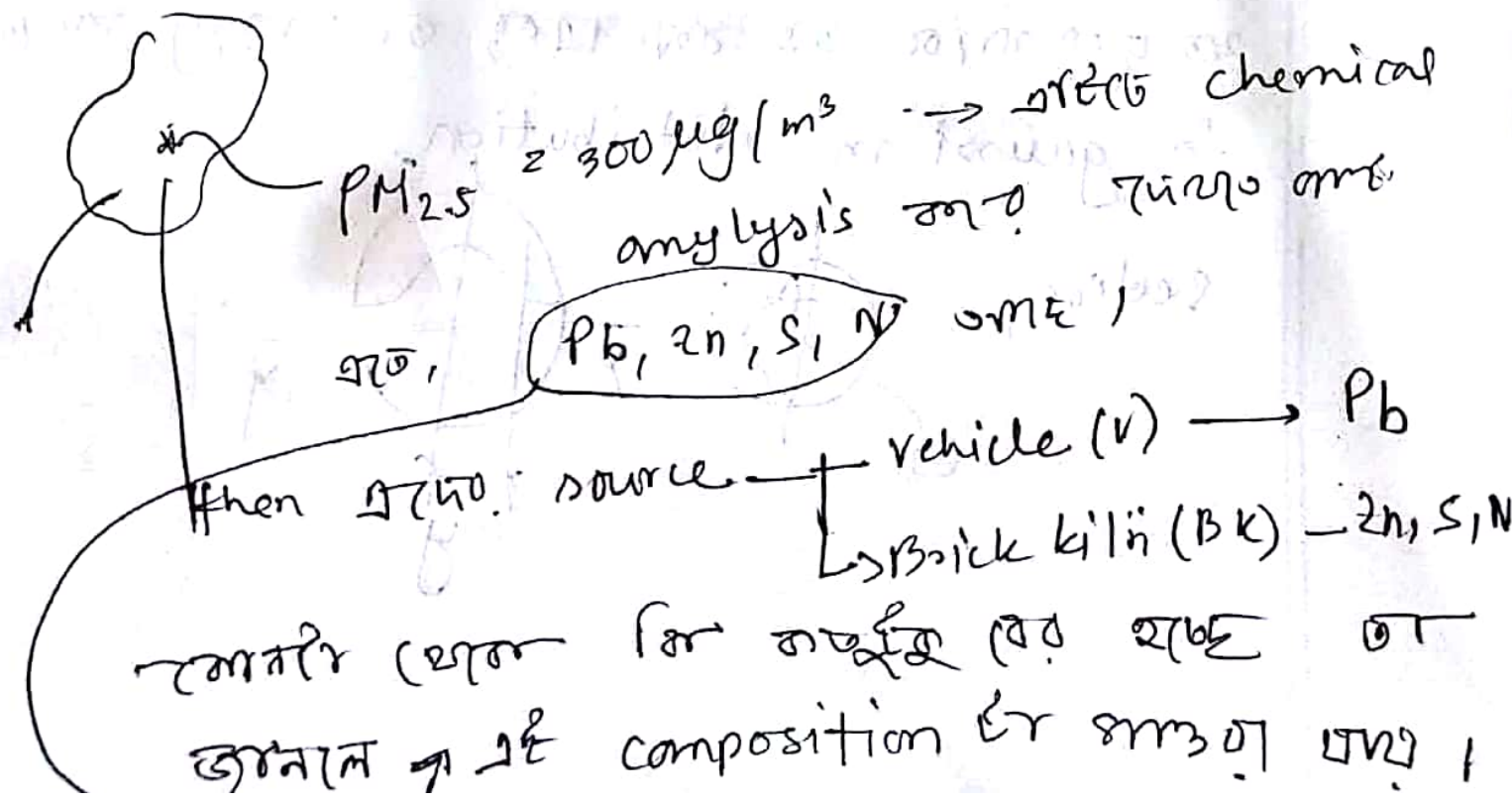
→ 2nd type of air pollution say (A, B) etc
difficult to control stable later later

Types of Air Quality Models

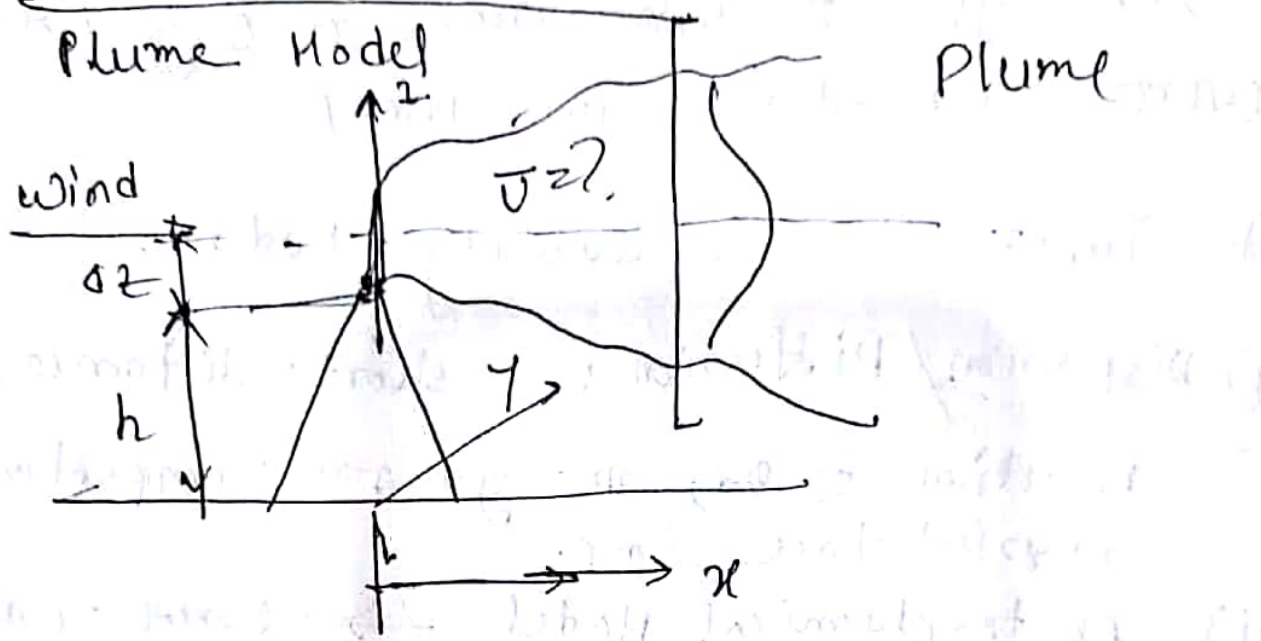
i) Dispersion/Diffusion: short distance to
reaction etc etc or you can say important physical force imp.

ii) photo-chemical Model → smog chemical
change of fuel later etc etc

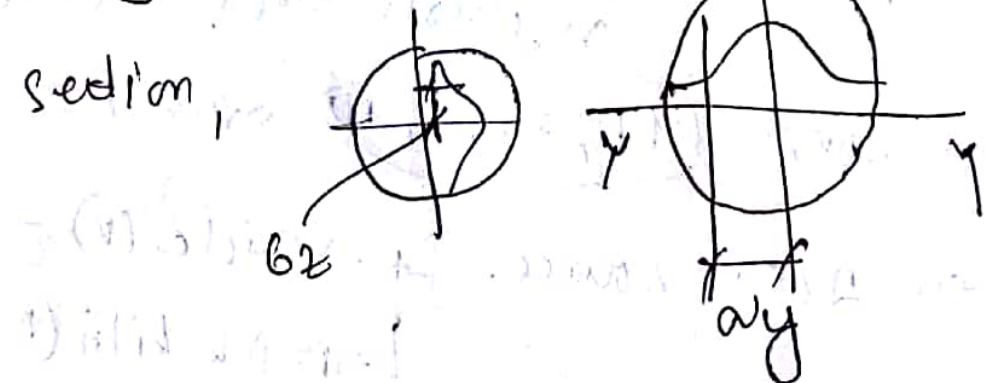
iii) Receptor Model → most widely used



Air Quality Modeling: Point source Gaussian



ଯଦି କେବଳ source ଉପର ଦିଗକୁ ଚାଲୁ ଅଟେ (Plume) ହେଉ, wind direction ଅନୁସାରେ ଗତ section ମିଳେ at any point & distribution ଓ ଫଳତଃ ଗତ ଦିଗରେ, pollutant ଅନୁସାରେ ବ୍ୟବସ୍ଥା କରାଯାଏ ଯଦି ଦୂର ଯାଏ ତେବେ ପ୍ରଭାବ ଗତ vary ଅଟେ according to gaussian distribution.



Assumptions

→ steady state cond: No change with time.
eqⁿ konn (t) vromon,

→ x direction & cross diffusion shokar. (if just
wind is from more shokar, diffusion to
y direction & .

eqn sunit n(n) vromon shokar.

A) No ground reflection

→ shokar / shokar konn (shokar) shokar shokar shokar
of ground & vromon shokar.

σ_y, σ_z → std. deviation

Q = emission rate (g/sec or $\mu\text{g}/\text{sec}$)
unit
shokar shokar shokar

H = effective stack height

z = stack height + plume rise

$z = h + \Delta h$

B) with good ground reflection ..

→ যখন gaseous (SO_2, NO_2) গ্যাসের modeling
করা হয় তখন $w = 0.1$ ।

→ গ্যাস স্তর ground এ ধরবে (যদি অন্য কোনো
উচ্চতা z হয়)।

U = wind speed at effective stack ht,

C) with ground reflection & temp.

→ এই eq^n মনে রাখা হয়েছে z এর A, B এর
স্থানে z এর A, B এর

→ eq^n মনে রাখা হবে।

→ ground এ ধরবে (যদি অন্য কোনো উচ্চতা
উচ্চতা z থাকে)।

Lecture 7

Gaussian Plume Model Equations : Point Source

reactive gas or gas which reacts to form A

$\text{CO}, \text{NO}_2, \text{SO}_2 \rightarrow \text{B}$

*eqn দুইটির মানে রাখতে হবে।

① Q = emission rate from point source ; unit g/sec.

দিয়ে দেখা যাবে or বের করতে হবে।

*Ex. 1. A power plant consumes 200 tons of coal (containing 1.5% sulfur by weight) each day. Assuming 9% of this sulfur is emitted as SO_2 , estimate the emission rate of SO_2 (in g/s) from the plant.

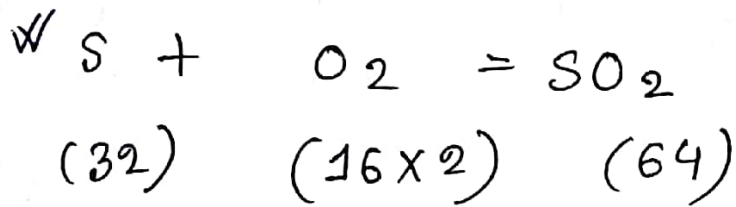
Soln 200 tons of coal/day

1.5% S in coal

9% S emitted as SO_2 .

\therefore Quantity of S emitted $\text{SO}_2 = 200 \text{ tons/day} \times 1000 \text{ kg/ton} \times 0.015 \times 0.09$

$$\begin{aligned}
 &= 270 \text{ kg/day} \\
 &= 270000 \text{ g/day} \\
 &= 3.125 \text{ g/s}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \therefore \text{Emission rate of SO}_2 &= 3.125 \text{ g/s} \times \\
 &\quad (64 \text{ g SO}_2 / 32 \text{ g S}) \\
 &= 6.25 \text{ g SO}_2 / \text{s}
 \end{aligned}$$

*Ex. 2. The following information is available on emission of NO_x for the under-construction 335 MW combined cycle (CC) power plant (gas-based) at Siddhingarj Power Generation Complex.

Flow rate of exhaust gas = 589.4 kg/s
 Max NO_x in exhaust gas = 25 ppmv
 Estimate NO_x emission rate from the power plant in 'g NO_x/s'.

Given, MW of exhaust gas = 28.01 g/mol.
assume all NO_x emitted as NO₂.

Sol. Approach 1:

$$\text{We know, } \text{Conc. } P \text{ in mg/m}^3 = \left[\frac{(\text{ppm} \times \text{MW})}{22.414} \right] \times \left[\frac{(273 \text{ P})}{T} \right]$$

$$\begin{aligned} \text{NO}_2 \text{ in exhaust gas (mg/m}^3) &= \left[\frac{(25 \times 46)}{22.414} \right] \\ &\times \left[\frac{(273 \times 1)}{273} \right] \text{ at STP} \\ &= 51.3 \text{ mg/m}^3 \text{ or } \text{mg/Nm}^3 \end{aligned}$$

From Ideal gas law, $PV = nRT$

$$\text{Vol}^m \text{ of 1 kg of ideal gas, } V = \frac{nRT}{P}$$

$$\begin{aligned} V &= \left(1 \text{ kg} \times 1000 \text{ g/kg} \times 1 \text{ mol/28.01 g} \right) \times \\ &\left[\frac{0.082 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{atm}}{(\text{mol} \cdot \text{K})} \right] \times \\ &\frac{273 \text{ K}}{(1 \text{ atm})} \end{aligned}$$

$$= 0.799 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{Flow rate of exhaust gas} &= 589.4 \text{ kg/s} \times \\ &0.799 \text{ m}^3/\text{kg} \\ &= 471.1 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Max NO}_2 \text{ in exhaust} &= 51.3 \text{ mg/m}^3 \times \\ &471.1 \text{ m}^3/\text{s} \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \\ &= 24.2 \text{ g NO}_2/\text{s}\end{aligned}$$

Approach 2 :

Considering Ideal gas, $1 \text{ ppmv} = (1 \text{ mol pollutant}) / (10^6 \text{ mol exhaust gas})$

$$\begin{aligned}\therefore \text{NO}_2 \text{ in exhaust gas} &= 25 \text{ ppmv} \\ &= (25 \text{ mol NO}_2) / (10^6 \text{ mol exhaust gas}) \\ &= (25 \text{ mol NO}_2 \times 46 \text{ g/mol}) / \\ &\quad (10^6 \text{ mol exhaust gas} \times 28.01 \text{ g/mol}) \\ &= 4.106 \times 10^{-5} \text{ g NO}_2/\text{g exhaust gas.}\end{aligned}$$

$$\text{Exhaust gas flow rate} = 589.4 \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned}\text{NO}_2 \text{ emission} &= 4.106 \times 10^{-5} \text{ g NO}_2/\text{g exhaust} \\ &\quad \text{gas} \times 589.4 \text{ kg/s} \times 1000 \text{ g/kg} \\ &= 24.2 \text{ g/s}\end{aligned}$$

Note 1

For gaseous pollutants,

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ ppmv} = \left(\frac{1 \text{ vol}^m \text{ gaseous pollutant}}{10^6 \text{ vol}^m \text{ air}} \right)$$

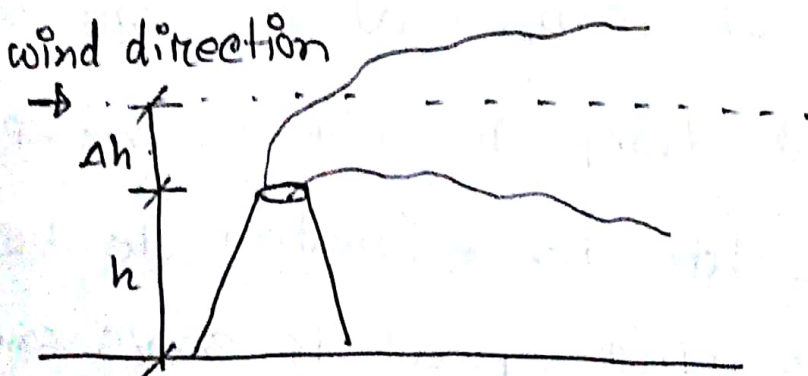
Since 1 mole of ideal gas occupies the same vol^m under same temp. and pres:

$$1 \text{ ppmv} = \left(\frac{1 \text{ mole pollutant}}{10^6 \text{ mole air}} \right)$$

Similarly, since each mole of ideal gas contains the same number of molecules (6.02×10^{23} molecules/mole),

$$1 \text{ ppmv} = \left(\frac{1 \text{ molecule pollutant}}{10^6 \text{ molecule air}} \right)$$

② H = effective stack height



$$H = \text{stack height } (h) + \text{Plume Rise } (\Delta h)$$

** Δh depends on - temp., mol. wt of gas (gas character)
(পড়তে হবে) - velocity of exit (gas characteristic)

- atmospheric condition
(stable / unstable / neutral)
(atm. characteristic)

velocity বেশি হলে উল্লস উঠে dilute হয়ে যায়।

Estimation of Plume Rise (Δh)

4Pr eqn \rightarrow সূত্রটি কী লাগবে না, তাই জানা।

Estimation of Effective stack Height (H)

Ex 3 A power plant has a 100 m stack with an inside radius of 1 m. The exhaust gases leave the stack with an exit velocity of 10 m/s at a temp of 120°C. Ambient temp is 6°C. Wind speed at the stack ht is estimated to be 5 m/s; surface wind speed is 3 m/s and

it is a cloudy summer day. Estimate effective stack ht.

Sol

$$r = 1 \text{ m}$$

$$V_s = 10 \text{ m/s}$$

$$T_s = 120 + 273 \\ = 393 \text{ K}$$

$$T_a = 6 + 273 \\ = 279 \text{ K}$$

$$u = 5 \text{ m/s}$$

surface wind speed
= 3 m/s

cloudy summer day

From Table 7.8

stability class = c
(slightly unstable)

* wind speed and sun
shine (थक (वृ कृ २२),

$$\text{Now, } F = g r^2 V_s \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) \\ = 9.8 \times 1^2 \times 10 \left(1 - \frac{279}{393}\right) \\ = 28.4 \text{ m}^4 \text{ (s}^3)$$

$$x_f = 50 F^{5/8} = 50 (28.4)^{5/8} = 404.8 \text{ m}$$

$$\Delta h = \left(1.6 F^{1/3} x_f^{2/3}\right) / u \\ = \left[1.6 (28.4)^{1/3} \times (404.8)^{2/3}\right] / 5 \\ = 53.4 \text{ m}$$

$$\text{Effective stack ht} = h + \Delta h = 100 + 53.4 \\ = 153.4 \text{ m}$$

**If the atm. is stable (stability class F), and $\Delta T_a / \Delta z = 0$ (i.e. isothermal), estimate Δh and H .

$$S = (g / T_a) (\Delta T_a / \Delta z + \Gamma)$$
$$= (9.8 / 279) (0 + 0.01) = 3.5 \times 10^{-4} s^{-2}$$

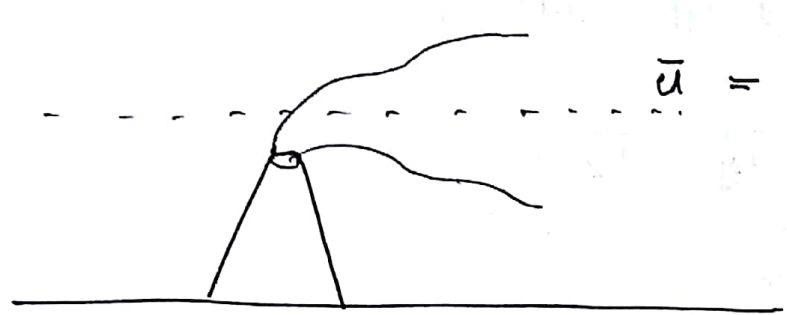
$$\Delta h = 2.6 (F / u_s)^{1/3}$$
$$= 2.6 [28.4 / (5 \times 3.5 \times 10^{-4})]^{1/3}$$
$$= 65.8 m$$

Effective stack $H_t = h + \Delta h$

$$= 100 + 65.8 = 165.8 m$$

* প্রকৃতপক্ষে এটি empirical eqⁿ. কোন perfect scientific method নাই। একে একেজুন একে একেজারে করছে।

(3) \bar{u} = mean wind speed at plume ht.



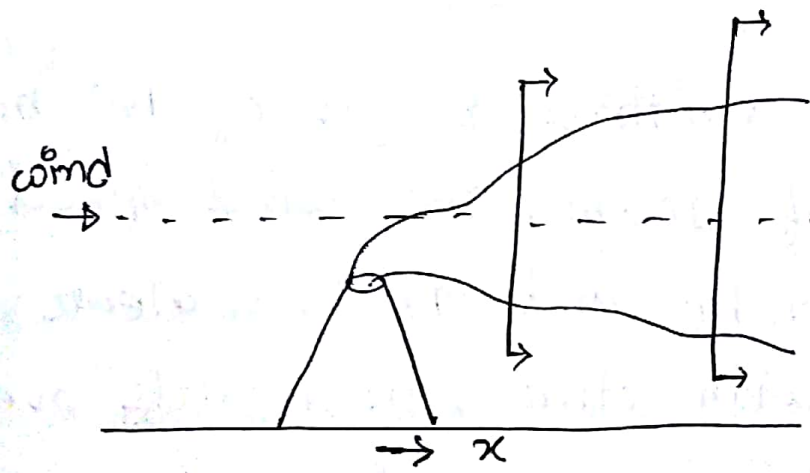
\bar{u} = wind speed at effective stack ht.

$$\bar{u}(z) = \bar{u}_0 \left(\frac{z}{z_0}\right)^p \rightarrow (\text{given})$$

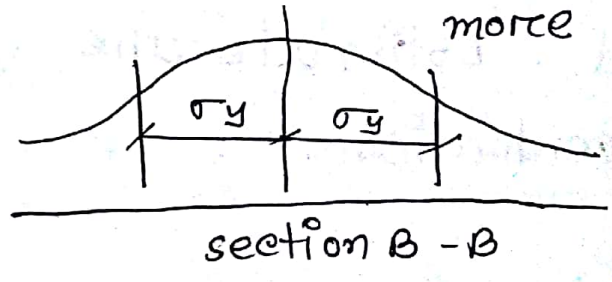
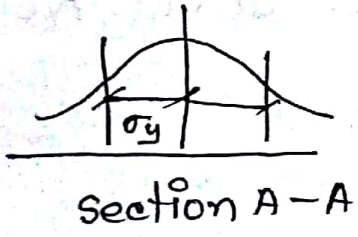
\bar{u}_0 = measured wind speed at height z_0
 z_0 = usually 10m (किछु बढा वा सामान 10m धेरै)

Table 7.7 \rightarrow p value त्थर शाकलर ।

(4) σ_y, σ_z



$\sigma_y, \sigma_z \rightarrow$ increases as x increases
 $\sigma_y, \sigma_z \rightarrow$ increases as atm. becomes more unstable.



স্বাক্ষরিত পল্লুটান্ট লেভেল পরিমাপ বেক্সি। তার
স্বাক্ষরিত graph এর ht বেক্সি।

Estimation of σ_y , σ_z :

- ① From graphs
- ② From eqn / table

$F \rightarrow A$ এর দিকে σ_y বাড়তে graph এ,
graph or chart দেখা থাকবে।

chart এর জন্য distance = 1 km হলে দুইটা
মেকেন্সিটারে use করা হবে। কাছাকাছি
result আসবে। এখন distance km এ,
সমস্ত অবস্থানতে m এ দিন।

(সমা
থাকবে) Ex. 4. A stack emitting 80 g/s of NO has an
effective ht of 100 m. The wind speed is
4 m/s at 10m ht and it is a clear
summer day with the sun nearly over
head. Estimate the ground level NO
concentration.

(a) directly downwind at a distance of 2 km.

(b) at a point 2 km downwind and 0.1 km off the downwind axis and

(c) at a point downwind where N_0 is maximum.

Sol (a) $Q = 80 \text{ g/s}$

$H = 100 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \bar{u}(z) &= \bar{u}_0 \left(\frac{z}{z_0}\right)^p \\ &= 4 \left(\frac{100}{10}\right)^{0.15} \\ &= 5.65 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_y &= a \cdot x^{0.894} \\ &= 156 (2)^{0.894} \\ &= 289.9 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_z &= c \cdot x^d + f \\ &= 108.2 (2)^{1.098} + 2 = 233.6 \text{ m} \end{aligned}$$

Now, $C(x, 0, 0) = \left[\frac{Q}{(\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z)} \right] \cdot \exp$

$$= \left[\frac{80}{(\pi \times 5.65 \times 289.9 \times 233.6)} \right] \exp \left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2} \right)$$

$$\cdot \exp \left[-\frac{100^2}{(2 \times 233.6^2)} \right] = 6.07 \times 10^{-5} \text{ g/m}^3$$

$$= 60.7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$\bar{u}_0 = 4 \text{ m/s}$ (at 10 pm)

clear summer day

from table 7.8,

stability class = B

from table 7.7,

$p = 0.15$.

Lecture - 8

Gaussian Plume Model :

Example 4.(a)

$$Q =$$

$$H =$$

$$u(z) =$$

$$\sigma_y =$$

$$\sigma_z =$$

choose correct equation
find concentration.

$$(x, y, z)$$

$$y = 0, z = 0$$

*যেহাতে ground reflection সূত্র (সিউর use করুন,
যদি particular matter সূত্র এখন জন্য eqⁿ এর use
করবেন।

$$(b) C(x, y, z) = C(2 \text{ km}, 100 \text{ m}, 0)$$

$$y = 0.1 \text{ km} = 100 \text{ m}$$

$$z = 0$$

$$\text{Now, } C(x, y, 0) = [Q / (\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z)] \cdot \exp(-y^2 / 2\sigma_y^2) \cdot$$

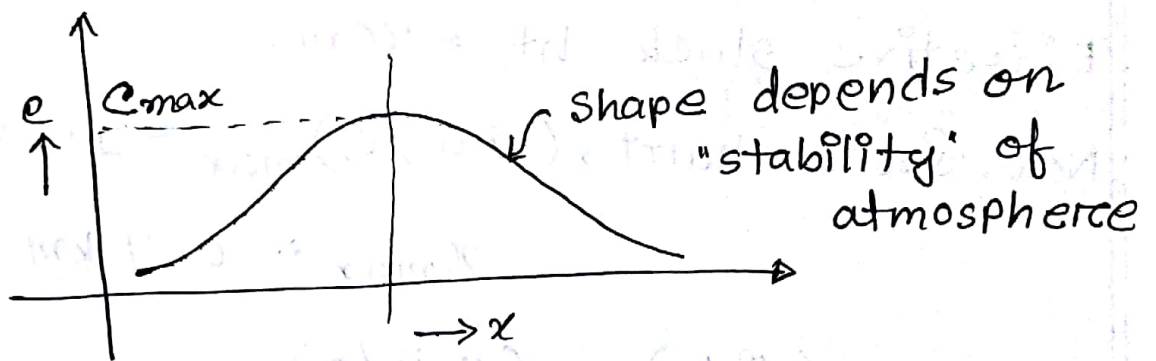
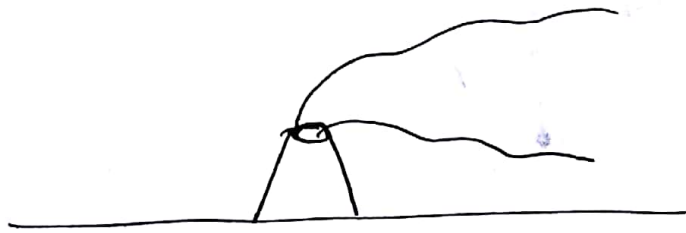
$$\exp(-H^2 / 2\sigma_z^2)$$

$$= [80 / (\pi \times 5.65 \times 289.9 \times 233.6)] \cdot \exp[-100^2 / (2 \times 289.9^2)]$$

$$\exp[-100^2 / (2 \times 233.6^2)] = 57.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

* ground surface 2(ज) $z=0$, center line
 वक्रावली $y=0$.

(c) Peak downwind concentration :

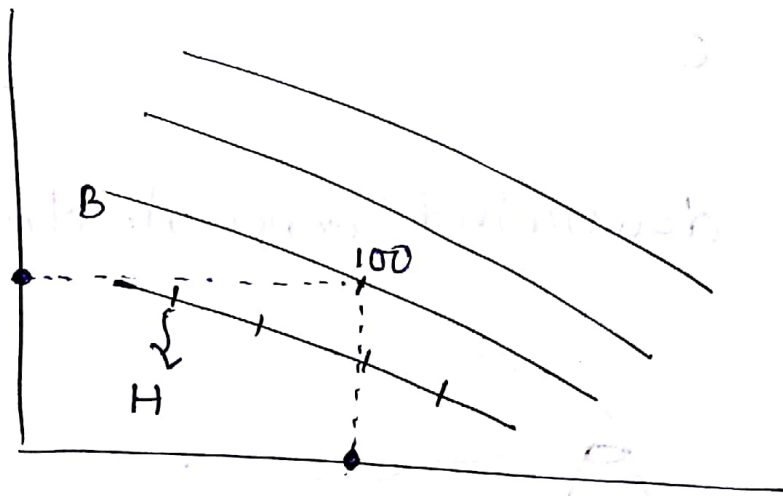


$$\text{Peak concentration, } C_{\max} = \left(\frac{Q}{\bar{u}} \right) \cdot \left(\frac{e \bar{u}}{Q} \right)_{\max}$$

$Q, \bar{u} \rightarrow \text{known}$

Obtained from chart for different "H" and "stability class".

$X_{\max} = \text{from chart (कोन distance व conc. max)}$



Stability class = B

Effective stack ht = 100m.

Now, from chart, $(\sigma_{\bar{u}} / \sigma)_{\max} = 1.6 \times 10^{-5} \text{ m}^{-2}$

$$x_{\max} = 0.7 \text{ km}$$

$$C_{\max} = (\sigma / \bar{u}) \cdot (\sigma_{\bar{u}} / \sigma)_{\max}$$

$$= (80 / 5 \cdot 65) \cdot (1.6 \times 10^{-5}) \text{ g/m}^3$$

$$= 226.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

check:

$$\sigma_y = a \cdot x^{0.894} = 156 \cdot (0.7)^{0.894} = 113.4 \text{ m}$$

$$\sigma_z = c x^d + f = 108 \cdot 2 (0.7)^{1.098} + 2 = 75.1 \text{ m}$$

$$\therefore @ (0.7 \text{ km}, 0, 0) = \left[\frac{Q}{(\pi \bar{u} \sigma_y \sigma_z)} \right] \cdot \exp \left(-H^2 / (2\sigma_z^2) \right)$$

$$= \left[\frac{80}{(\pi \times 5.65 \times 113.4 \times 75.1)} \right] \cdot \exp \left[-100^2 / (2 \times 75.1^2) \right]$$

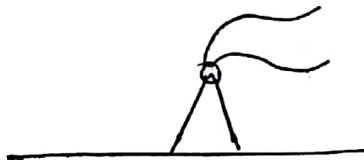
$$= 2.18 \times 10^{-4} \text{ g/m}^3$$

$$= 218 \text{ } \mu\text{g/m}^3 ; \text{ close to } 226.5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

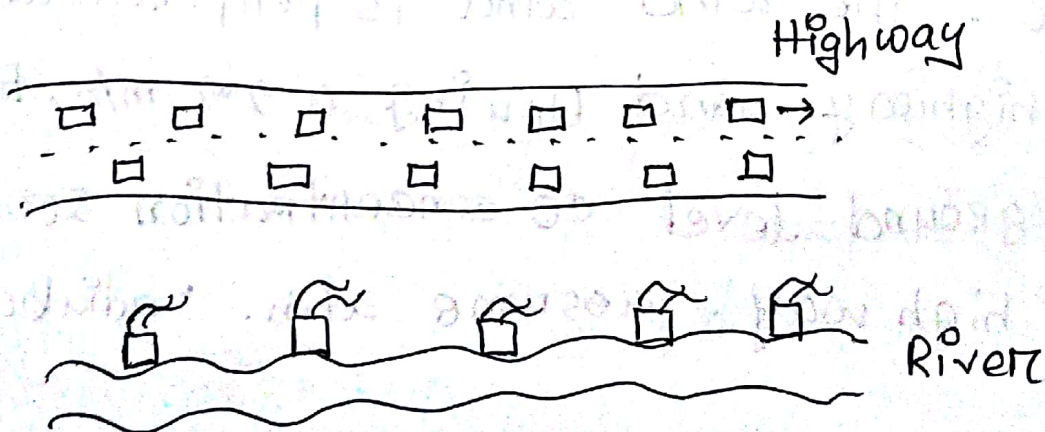
(OK)

Gaussian Plume Model Eqn : Line source :

ଆମ୍ବୁସ୍ତ୍ରା @ point source.

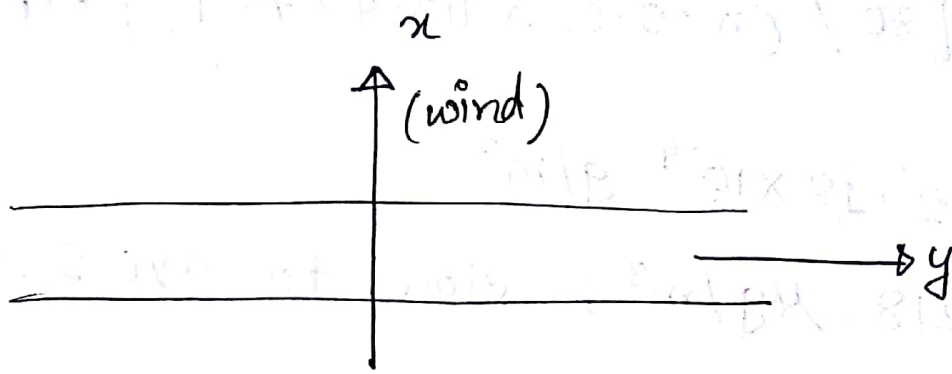


(b) Line source :



অক্ষানে সূত্র নাহি, কারণ assumption ভুল জন্য।

Assumption \rightarrow source infinite.

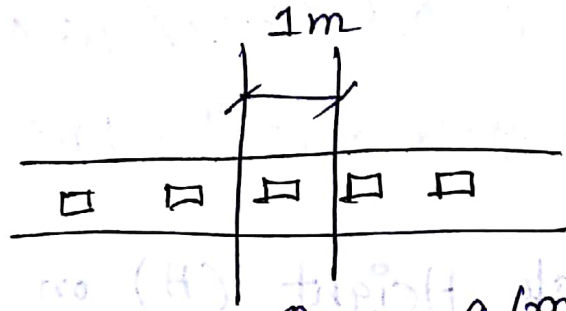


y direction এ emission এর কোন variation নাহি। variation wind direction আর z ব্যবস্থা। তাহলে সূত্র নাহি

গাণ্ডির emission এর জন্য effective stack ht = 0.

Ex. 5 (ভোক্তাও পারে)

Suppose a highway has 10 vehicles per second passing a given spot, each emitting 2.3 km of CO. The wind is perpendicular to the highway and blowing at 2.2 m/s. Estimate the ground level CO concentration 200m from the highway. assume atm. "adiabatic".



$Q_1 = q/m.s$ (প্রতি meter (থাক) বত emission হবে)

*ও বেগ কবার কালক্রমে হতে পারে, আগের ৩ ques দেখা লাগবে।

$$Q_1 = 10 \text{ veh/s} \times 2.3 \text{ g/km} \times 1 \text{ km} / 1000 \text{ m}$$

$$= 0.023 \text{ g/m.s}$$

Effective stack ht, $H = 0$ (emission at ground level)

wind speed, $\bar{u} = 2.2 \text{ m/s}$

Atmosphere adiabatic.

$$\therefore \Lambda = \Gamma$$

\therefore stability class = D

$$\sigma_z = \sigma_x^d + f = 33.2 (0.2)^{0.725} - 1.7 = 8.6 \text{ m}$$

$$c(x, z) = \frac{Q_1}{\sqrt{2\pi} \sigma_z \bar{u}} \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

$$= \frac{Q_1}{\sqrt{2\pi} \sigma_z \bar{u}} (1+1)$$

$$C(200\text{ m}, 0) = (2 \times 0.023) / [(2\pi)^{1/2} \times 8.6 \times 2.2] \\ = 9.7 \times 10^{-4} \text{ g/m}^3 = 970 \mu\text{g/m}^3,$$

Effect of Stack Height (H) on Down-wind Concentration :

$$C(x, y, z) = f(H, \text{stability class})$$

H বাড়লে ground level এ concentration কমে, তাই ইট ভাঙলে stack ht 120', জোয়ার বেগে বাড়াতে গেলে cost বেড়ে যায় concentration এর,

stability class \rightarrow A \rightarrow unstable (dilution দ্রুত হবে but দ্রুত ছাড়াতে নেমে আসবে)
 F \rightarrow stable.

stability class এর effect আরও

আনন্দ কিছু উপর depend করে, source এর

বল-কারে আছে তার উপর।

Special Consideration :

* short note হিসেবে পড়তে হবে।

building, aerodynamic এবং।

Natural Atmospheric Cleansing Processes:

বাতাস নিষ্কাশন-নিষ্কাশন দৃষ্টিভঙ্গি কল্প →

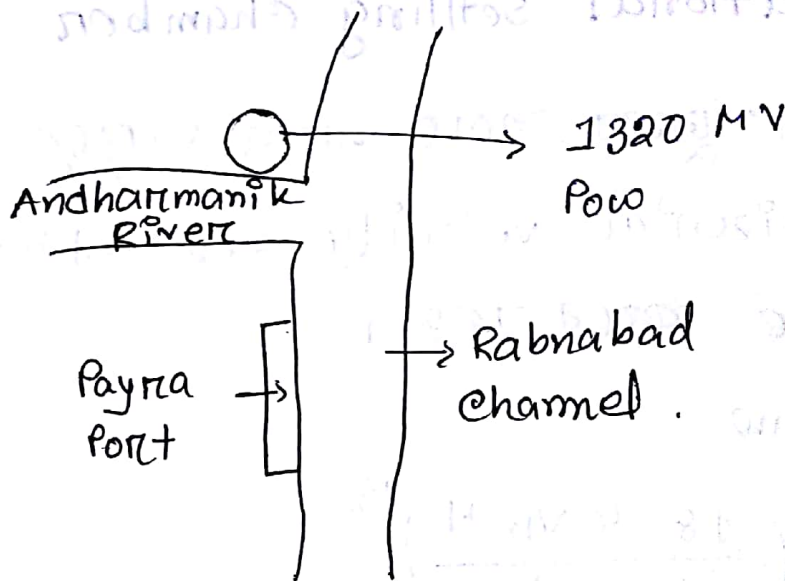
→ Dilution

→ Dry deposition

→ বৃষ্টি-শ্রমে, wet deposition.

* পাত্রে ২৬৫ জেল কল্প ।

Engineering Control of Air Pollution:



অনেক উপরে উঠলে যদি inversion layer হয়, তাহলে আর নিচে নামবে না, যদি নামেও তাও diluted হয়ে যাবে ।

Control at the source of emission:

- ENG
- operation control
- ✓ → control equipment

Industrial Emission:

Control Devices for Particulate Contaminant

* झुझझ - नक्षत्रकुला ।

(1) Gravitational settling chamber

झुझझ वातावरण ठुकरे, इठारे नक्षत्र वाडुंथे टहयुन
 इठे → horizontal velocity कक्ष थारे → येठे
 येठे settle करुंवे लिदु ।

Stock's Law

$$d_p^* = \left(\frac{18 \mu v_n H}{g \rho_p L} \right)^{1/2}$$

येठेर particle डुवु dia d_p वर ठावु वेळि
 झुझझ settle करुंवे । डुवु थेरुं होठे-गुंमेर
 settle करुंवे लिनर depend करुंवे settling

velocity এর উপর।

dP - settling velocity = 50% of that of

তাহলে dP^2 particle এর 50% settle হবে,
যদি 25% হয়, তাহলে 25% settle হবে।

Lecture-9

Industrial Emission:

Control Devices for Particulate Contaminant:

Different industries. তাহলে সব ক্ষেত্রেই সবগুলো
কাটতে আসবে না। আত্মীয় PM control বসবে।

Gravitational settling chamber.

* Derivation দেখতে হবে।

Em. 1 calculate the minimum size of particle
that will be removed with 100% theoretical
efficiency in a settling chamber under
the following conditions:

Air: Horizontal velocity = 0.8 m/s

Temp. = 77°F

Particle: Sp. Gr = 2.0

Chamber: Length = 7.5 m ; Ht = 1.5 m

At 77°F, viscosity of air $\mu = 2.1 \times 10^{-5}$ kg/ms

Soln From Eq. 2. $d_p = \left(\frac{18 \mu v_n H}{g \rho_p^2} \right)^{1/2}$

Or, $d_p = \left[\frac{(18 \times 2.1 \times 10^{-5} \times 0.3 \times 1.5)}{(9.81 \times 2000 \times 7.5)} \right]^{1/2}$

$= 3.4 \times 10^{-5} \text{ m} = 34 \mu\text{m}$ $[\rho_p = 2000 \text{ kg/m}^3]$

Em 2 Calculate the fractional removal efficiency (theoretical) of $20 \mu\text{m}$ particles in the above chamber.

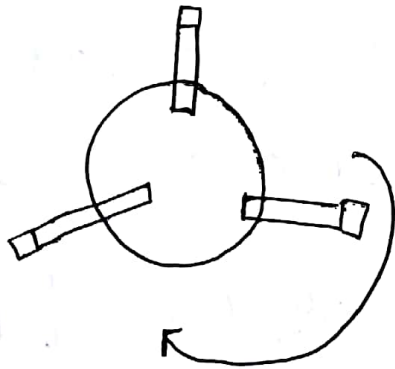
Soln From Eq. 3,

$\eta = \frac{L \cdot g \cdot d_p^2 \cdot \rho_p}{H \cdot v_n \cdot g \cdot \mu}$ [derivation किश्त]

Or, $\eta = \frac{7.5 \times 9.81 \times (20 \times 10^{-6})^2 \times 2000}{1.5 \times 3 \times 18 \times 2.1 \times 10^{-5}}$

$= 0.346$ (i.e., drastic reduction in removal efficiency of small particles)

(2) Centrifugal Collectors :

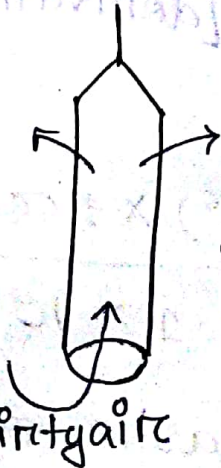


particle centrifuge force
 ଏହା କାର୍ଯ୍ୟରେ ଯେଉଁଠାରେ ଶାନ୍ତ
 ସାକ୍ତ ଯାଏ, tube ଏହା ଶାନ୍ତ
 ତଳେ ଚାଲି ଯାଏ ।

* short note

- (3) Wet collectors
- (4) Electrostatic
- (5) Fabric

short note ଏହା ଉପରେ reading.



cement industry କେ- use ହୁଏ ।
 description ଉପରେ ।

Control of Gaseous Pollutants:

Adsorption, Absorption → short note গল্প।

Control of Vehicular Emission:

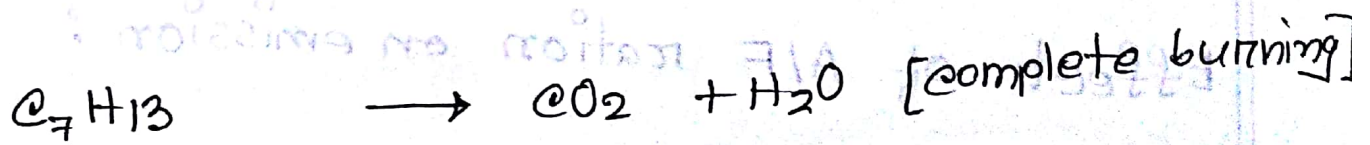
4-stroke.

Fig 7.43 → দেখ।

Factors Affecting Emission from 4-stroke IC Engines:

Most important parameter controlling emission — Air (A) / Fuel (F) Ratio.

Petrol pure fuel না, তাই C_7H_{13} হবে না, mixture হবে।



Stoichiometric ratio → fuel change হলে সামান্য change হলে পারে।

* Definition, যেসব fuel দেয়া থাকবে (এই ratio বেঁধে রাখতে পারবে হবে।

Lean mixture :

air fuel mixture

lean in fuel. (যেহেতু fuel কম)

[A/F $>$ 14.5
for C_7H_{13}]

Rich mixture :

air fuel mixture

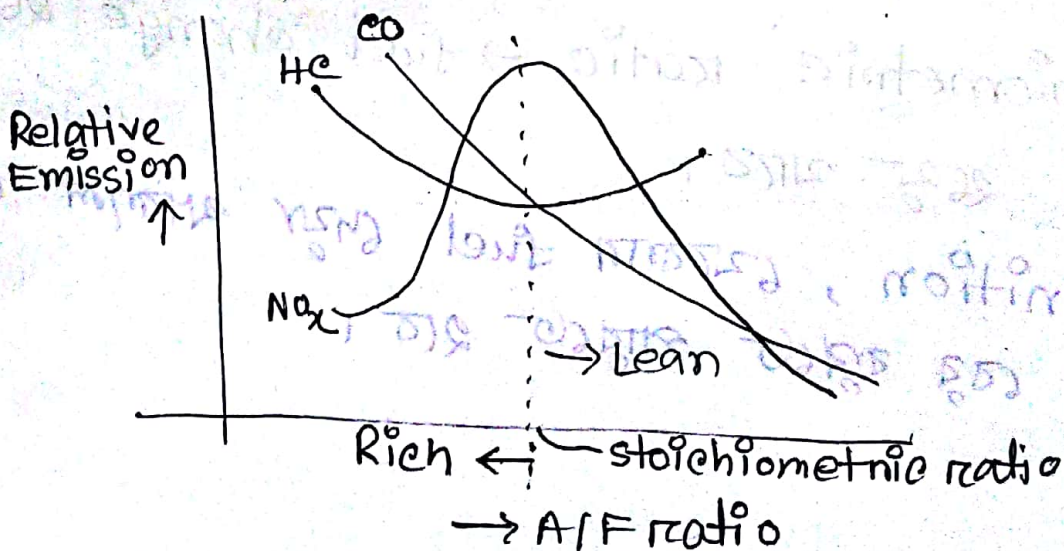
rich in fuel (যেহেতু mixture এ fuel বেশি,
stoichiometric ratio এর থেকে
বেশি)

[A/F $<$ 14.5 (for C_7H_{13})]

lean and rich with respect to stoichiometric ratio.

* stoichiometric, lean, rich \rightarrow definition imp.

Effect of A/F ratio on emission :



- CO (যদি বায়ু বাড়ে, CO emission কমবে)
- HC (unburnt fuel) (বাতাস/ oxygen বাড়লে, HC কমবে। But একটা নির্দিষ্ট পরিমাণ oxygen বাড়লে fuel burn হতে পারে, misfire হতে পারে)
- NO_x (mainly controlled by engine temp. engine temp বাড়লে NO_x বাড়ে, যখন fuel বেশি, বায়ু কম → temp. কম। But বাতাস বাতাস অনেক বেশি হলেও temp. কম)

Emission Control from IC Engines;

(A) Controlling A/F

HC, CO কমানোর জন্য easy.

Fuel consumption stoichiometric ratio এর কাছাকাছি রাখা থেকে করা। তবে উৎপাদন CO, HC কমবে। But NO_x বেশি। তাই এটা কমানোর জন্য A/F নিয়ন্ত্রণ possible হতে পারে।

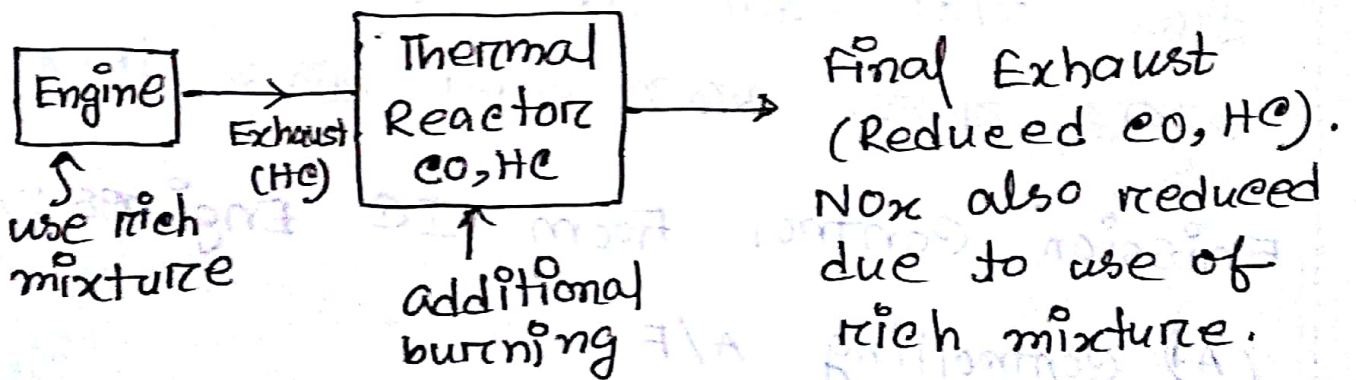
(A.2) Exhaust Gas Recirculation :

Exhaust gas recirculation (EGR) is a process where a portion of the exhaust gas is recycled back into the engine. This helps to reduce the peak combustion temperature, which in turn reduces the formation of NO_x pollutants.

B. Post Engine Control: Engine Exhaust

(B.1) Thermal Reactor

- after burner.



Engine exhaust gas is treated in a thermal reactor. The engine is run on a rich mixture to reduce CO and HC. The thermal reactor uses additional burning to further reduce CO and HC. The final exhaust has reduced CO and HC, and NO_x is also reduced due to the use of a rich mixture.

* short note on thermal reactor.

B.2. Catalytic Converter:

নতুন প্রযুক্তি মাধ্যমে লাগানো থাকে।

Reduction of HC, CO, NOx.

catalytic converter

- Two way (Reduced CO, HC)
- Three way (Reduced CO, HC, NOx)



Two way : oxidation
 $CO, HC \rightarrow CO_2 + H_2O$

Three way : NOx \rightarrow (reduction) N_2

* value এর পাঠ্য।

A/F কম হলে oxidation হুনা, বেশি হলে N_2 reduction হুনা।

Effect of A/F ratio on catalytic converter:

* figure এর মান বোঝা যায়।

(c) Alternative vehicle Technology.

Climate change and IPCC :

IPCC কাণ্ড, কিভাবে গঠন করছে?

বিশ্ব report গুলো authentic কিয়ং কিয়ং।

* সূত্রক কয়েক শ্রেণি নর,

AR5 observations

* সূত্রক - নর, তাহাব।

Climate change Trends in Bangladesh.

Climate change and Temperature :

Temp. একমাত্র parameter নর but very imp. parameter

The Greenhouse Effect :

Incoming radiation আসে earth এ reach ~~করে~~ করে।
but absorb হয়ে যায় তাকে, reflect হয়ে তাকে
মায় করে।

the Greenhouse Effect :

* Definition of GHG

* Atmospheric Radiative window } ~~করে~~ করে।

Lecture 10

"Radiative forcing" - since industrial time :

Greenhouse can express কবি in terms of radiative force. (+) ve স্বাভাবিক temp বাড়াবে, (-) ve স্বাভাবিক temp কমাতে। CO_2 , radiation, earthquake direct effect, Black carbon heat absorb করে - direct effect, Aerosol বেশি আকর্ষণ করে এবং life বাড়িয়ে দেয়। তবে indirect effect.

হালাকার্বন green house ~~gas~~ gas (+) ve স্বাভাবিক temp বাড়াতে। আবার ozone ~~এ~~ এর উৎপাদন (-) ve স্বাভাবিক temp কমাতে পারে।

* (+) ve, (-) ve, direct, indirect এর example.

Drivers of climate change : Radiative forcing (ARS)

হালাকার্বন- এর নিজস্ব impact (+) ve.

But ozone কে destroy করে। ফলে (-) ve effect তৈরি করে। * Halocarbon গুলো।

* Aerosol এর গুরুত্বপূর্ণ component এর (+) ve & (-) ve effect.

→ BC - (+) ve

(1) CO_2 (important)

বেঙ্গিৰু হাজা CO_2 emission হয় north ৰ। But
বাতাসে CO_2 এর north south ৰ ভেঁৰান পাৰ্থক্য-
নাহে। মিনিমাম পাৰ্থক্য। কাৰণ বাতাসৰ movement,
অতিবহুৰ একবাবু বাড়ে, একবাবু কৰে। বৃষ্টিৰ
season ৰ সাধাৰণ CO_2 উলৈ লেহু, তাহে CO_2 কৰে।

* আকাৰ এৰে।

একাৰ বহু অৱস্থা CO_2 এর পানিতে- মায়া। হহ জিগাৰ্টন
কাৰণ পানিতে মায়া। ফলে পানিৰ pH কমবে। acidic
হবে।

* এৰাও পৰে।

(2) CH_4

Solid waste, cattle waste CH_4 এর source.

এগুলো decompose কৰলে CH_4 উলৈ হয়।

আবাবু agriculture ৰ ধান উৎপাদনেৰে মাৰিৰ CH_4
উলৈ হয়। anaerobic condition ৰ CH_4 উলৈ হয়।

* source

(3) NO_2

* source & trend দেখাব।

(4) Halocarbons

* ভাঙ্গা করে পড়বে

Cl & Br যার অর্ধেক আছে, সেটা O_3 layer কে destroy করতে পারে। O_3 troposphere & stratosphere দুই জায়গায় আছে। Cl & Br stratosphere এর O_3 কে attack করে।

Halocarbons highly unreactive। diffusion এর মাধ্যমে উপরে দিকে ছড়াবে। stratosphere এ জিএম ultraviolet ray attack করে। তখন Cl, Br টপকি হবে। তখন O_3 destruction হবে।

HFC → greenhouse gas but O_3 কে destroy করে না।

But প্রচুর radiation absorb ক্ষমতা বেশ বেশি।
যে 100 unit CO_2 যে ক্ষতি করে 1 unit Halocarbon (Cl, Br দ্বারা) (যে ক্ষতি করে)।

* HCl কয় বৃষ্টি, differentiate করে বোঝাবে, কোনক attack করে?

H প্রচুর বেশি reactive, অনেক জায়গায় আছে যার,

Radiative forcing of Halocarbon:

(4) Ozone

Troposphere এও ozone ছােত না, greenhouse gas,
Stratosphere এও ozone ছােত। কাবুণ জাভাটুই protect
কাবু।

troposphere এও O_3 এও কাবুণ (+)ve,
জাভাটু stratosphere এও O_3 ছেটুড খাটেই। কলন (-)ve,
তাই net হবে এই দুইটাও জাভাটু। stratosphere এও
 O_3 জাভাটু কাবু।

(5) Aerosol

sulfur - (+)ve & direct.

PM - (-)ve & indirect

soot - (+)ve direct

* হবি & soot এও effect ছােত কাবু পড়ু।

Lecture 11Water Pollution

Introduction :

References - softcopy আছে

Water Pollution : Definition

Level of pollution এর scale এক এক তরফে এক এক বৃদ্ধি। আত্মার তরফে আত্মার gross pollution নিজে কাজ করে।

Natural process আত্মার concern না, But এর সব তরফে anthropogenic বর্ষে আত্মার জন্য natural concern.

Why water is so important

Fresh water available for use

0.014% পানি আত্মার use করতে পারি।

Water pollution : Global scenario

Water pollution in Bangladesh

আত্মার upstream flow বর্ষে বর্ষে, intrusion of salinity - saline water থেকে বৃদ্ধি পাচ্ছে।

Ground Water pollution :

early 90's এ জনা মায় arsenic pollution এর কথা,
বঙ্গোপসাগর world এর serious arsenic affected
country.

Arsenic & salinity → main water problem.

Arsenic → natural process.

But কেনো বেশি উঠে আসছে, সেখানে ভাঙ্গার
প্রক্রিয়া আছে।

pH, color, turbidity, Al, Mg, Iron → এক্সেসিভ
এবং ব্যাকটেরিয়া → করা হয় drinking water এ.

↓

ground water এ আসে later. এর পানি
seepage হয়.

How the rivers and water bodies are getting
polluted?

Saving water bodies from pollution

- water body রক্ষা করা
- পানির quality improve করা

* x.m এর জন্য পড়ার কিছু নাহি আছে।

Sources & Categories

Water pollution: Major sources

* ମହତ୍ତ୍ୱପୂର୍ଣ୍ଣ ଉତ୍ସ,

ଅଧିକ ମାଜର source, ସାଂସ୍କୃତିକ ଭାବରେ depending on context ମାଜର ହୋଇ ଯାଏ ।

Classification

(a) Point sources

pipe ଦ୍ୱାରା ଉତ୍ସ water source ଏ ମାତ୍ରମେ point source . point & discharge known.

(b) Non point sources

suburban development ଯୋଗୁ ଯେ runoff ଯାଏ, ଯେଉଁଠି area ଯୋଗୁ runoff or subsurface ଦ୍ୱାରା ଯାଏ ଯେ pollution ହୁଏ ।

non-point source ଉପକରଣ & treatment difficult.

agriculture land ଯୋଗୁ leachate - non point.

Nature of pollutants

Categories of pollutants

} ଦୂରରେ ଭାଗ୍ୟ
କ୍ଷେତ୍ରର ବାୟୁରେ ହେବ
ଅଥବା ଭାଗ୍ୟ ।

Nature of pollutants

(i) Bio-degradable pollutants

disolved oxygen কম্বা যায়।

(ii) Non-degradable

~~কোন~~ harm full ন

(iii) Biologically Accumulative pollutants

- Bioconcentration → পানি থেকে tissue তে

- Bioaccumulation → পানি & food থেকে tissue তে।

- Biomagnification → small থেকে large জাতিতে
গেলে pollutant এর concentration
বাড়তে থাকে।

* কোন স্তর অস্তিত্ব।

Silent Spring by Rachel Carson

DDT - affects Ca - metabolism.

Ca না শক্তি জিন্স shell weak থাকে। স্তন্য প্রসূ
যায়।

Categories of water pollutant :

৩ type.

অসম্ভব চৰা গড়ব।

Pollutant categories and sources

সুক্ষ্ম কঠোৰ হ'ব না। বুকাও হ'ব।

(1) Oxygen demanding wastes

যে কঠোৰ ও oxygen বাতাজে পুৰে, তাত বেগি কঠোৰ
ও ব্যৱহাৰে অসম্ভব কাৰু।

Effects of oxygen demanding wastes

* ভোজ কাৰু গড়ব।

হাত্তিৰদিন ও dry season ও ভোজ থাকে। wet
season ও বৃষ্টিৰ পানিৰ জাখে অসম্ভব আছে।

হাত্তি নাই কঠোৰ because of high ammonia.

BOD কঠোৰ ও ammonia (NH_3) কঠোৰ হ'ব না।

(2) Microbial wastes (Pathogens)

নাম গুলো গড়ব।

Main sources of pathogens

Natural die-off

Indicator Organism

* গড়ব

(3) Nutrients

অনেক বেশি amount এ থাকলে Algae growth বাড়িয়ে দেয়।

C, P, N - principle principal nutrients controlling growth of algae / ~~plant~~ phytoplankton.

"algal bloom" or "eutrophication"

* eutrophication কাকে কি বুলে? (x m এ উল্লেখ)

Major sources of Nutrients :

C also comes from atmosphere (CO_2) ।

তারই সব source বন্ধ করলে C বাতাস থেকে চলে আসবে।

N - difficult to control → some algae got it from atmosphere.

P → often the controlling nutrient.

detergent / সাবান জুড়ে সব P থাকে।

P comes from detergent / soap.

* ভাল মত- পড়ুন।

* Why P is often controlling element?

Effects of Nutrient Enrichment :

dead algae organic matter, ତଥ୍ୟ bacteria
ଅଧିକ ସମୟ ଲାଗୁ । କମ୍ oxygen ବ୍ୟାପକ ହାଲୁକା ।

26/06/18

Lecture 12

(4) Suspended Solids

খুব common river surface water.

নদীতে পানি treat করতে mainly SS দূরু করতে হয়, কঠোরতম SS বেশি। সুকিউব পানিতে আয়।

SS বেশি → cost বেশি → alum dose বেশি।

(5) Salts

Typical values of TDS in water

খুবখুব কুরা নাগবে না। Salt ময়োর প্রভাব after arsenic.

Effects of Excessive salt in water

(6) Heavy Metals

As & ~~Hg~~ Mn

↓
Health impact আছে

(7) Toxic and Persistent Organic Pollutants

exponential শরু বাতুদেহ। স্বাভাৱে পানি বা আৱৰুণ। চাৰে ধুকাৰ বাৰে।

স্বাভাৱে ধৰে ডুকাম আৱৰুণে আৱৰুণে release হয়,

* POPs বাতুদেহে হবে।

(8) Thermal Pollution

ବ୍ୟବସାୟ ଉତ୍ପାଦନ ଆଦି ଫଳରେ ତାପ, ଶକ୍ତି ଆଦିର ନଷ୍ଟ ହେବା,

Two major problems :

* ତାପ ଉତ୍ପାଦନ ହେବ ।

Temp \uparrow DO in water decreases

0°C ଠାରେ DO 14

20°C ଠାରେ DO 9.1

Temp \uparrow Respiration rate increases.
Decomposition rate increases.

Fate of Oxygen Demanding Wastes : (EN-3)

ପ୍ରଥମ 5 ଦିନରେ ମାତ୍ର 80% ବାୟୁ ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ ।

5 ଦିନରେ 2/3 BOD ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ, ଉଦାତ୍ତ BODs ।

BODs at 20°C .

aeration କ୍ଷମତା କମ୍ ହେବ, DO ବାଡ଼ିବ, theo. 9.1 ହେବ କାରଣେ ।

But 6-7 ଦିନ ବ୍ୟକ୍ତି ବାଡ଼ି ନା ।

ଅନ୍ୟାନ୍ୟ ~~କି~~ incubator ଉପରେ ବାୟୁ ଉତ୍ପାଦନ ହୁଏ ଯାହାକି algae
ବା oxygen produce କରେ ।

যদি demand 9.1 mg দ্রুত বেগি হয় তখন $1/2$ দিন
পূর্বে 50 কোষ সংশ্লেষ করে, তাই dilute করা হয়।
tap water এ chlorine থাকে, সেই পানি use
কালে bacteria মরে যায়।

10 ml কে 1000 ml বাসায় dilution factor 100 ।

প্রথম ৭২ ঘণ্টা দিন same DO হলে বুঝতে হবে
ক্যাক্ট্রিয়াম নেই, হলে পাবে sample এনে ক-
toxic। সেখানে bacteria থাকে না। নদীতে পুষ্টি
তখন bacteria growth হয়।

ক্যাক্ট্রিয়াম add করা হয়। seeding - addition
of microorganism to the system,

dilute করে seeding করে হয়।

seeding যে পানি দিচ্ছে তার সেটার নিজস্ব
BOD থাকে। (+) হবে। (-) দেখা আছে।

Problem 1: A standard 5-day BOD test is run using a mix consisting of 4 parts dilution water and 1 part wastewater. The initial DO of the mix is 9.0 mg/L and the DO after 5 days is determined to be 1.0 mg/L. What is the BOD₅?

$$\Rightarrow DF = 5$$

$$\begin{array}{r} \text{WW} - 1 \\ \text{DW} - 4 \\ \hline 5 \text{ units} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD}_5 &= (9 - 1) \times DF \\ &= 8 \times 5 = \frac{40}{40} \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Problem 2: A mixture consisting of 30 ml of waste and 270 ml of seeded dilution water has an initial DO of 8.55 mg/L; after 5 days, it has a final DO of 2.4 mg/L. Another bottle containing just the seeded dilution water has an initial DO of 8.75 mg/L and a final DO of 8.53 mg/L. What would be the 5-day BOD of waste?

Problem 2

$$\Rightarrow V_w = 30 \text{ ml}$$

$$V_d = 270 \text{ ml}$$

$$V_m = (30 + 270) = 300 \text{ ml}$$

$$\text{BOD}_m = (8.55 - 2.4) = 6.15 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_d = (8.75 - 8.53) = 0.22 \text{ mg/L}$$

$$\text{BOD}_m \cdot V_m = \text{BOD}_w \cdot V_w + \text{BOD}_d \cdot V_d$$

$$\text{BOD}_w = \frac{(6.15 \times 300) - (0.22 \times 270)}{30}$$

$$= 59.52 \text{ mg/L}$$

Rate of BOD exertion

* eqn ସମ୍ପର୍କ ଦ୍ଵାରା

$$L_t = L_0 e^{-kt}$$

$$\text{BOD}_t = L_0 (1 - e^{-kt})$$

$$K_T = K_{20} \theta^{T-20} ; \theta = 1.047$$

Factors affecting \dots , k

table ଏଠାରେ value ସମ୍ପର୍କ ଦ୍ଵାରା ।

a stream that has a flow of $9.3 \text{ m}^3/\text{s}$ and a BOD of its own equal to 6.0 mg/L . The deoxygenation constant K_d is $0.2/\text{day}$.

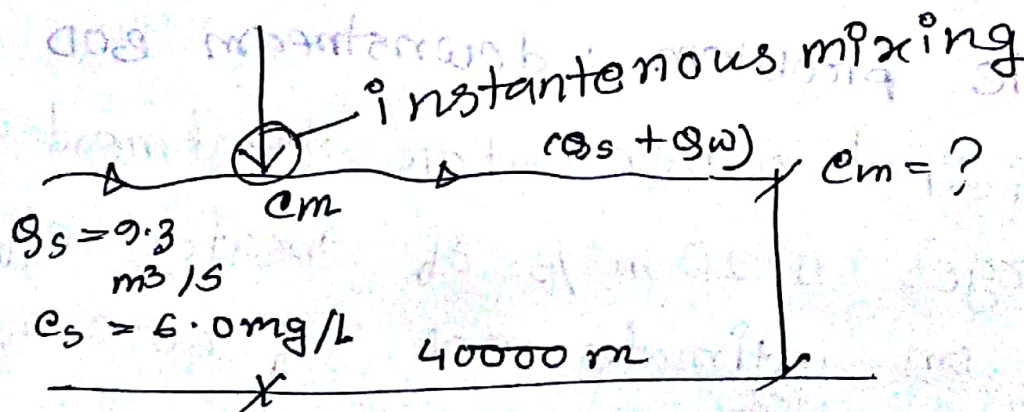
(a) Assuming complete and instantaneous mixing, estimate the ultimate BOD of the river just downstream from the outfall.

(b) If the stream has constant cross section so that it flows at a fixed speed equal to 0.3 m/s , estimate the BOD of the stream at a distance $40,000 \text{ m}$ downstream.

→

$$Q_w = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C_w = 60 \text{ mg/L}$$



$$L_t = L_0 e^{-kt}$$

$$L_0 = 12.2$$

$$t = \text{time in day} = 1.54 \text{ days}$$

$$a) C_m = \frac{C_w \theta_w + C_s \theta_s}{\theta_w + \theta_s}$$

$$= \frac{60 \times 1.2 + 6 \times 9.3}{1.2 + 9.3}$$

$$= 12.2 \text{ mg/L}$$

$$b) L_t = L_0 e^{-kt}$$

$$= 12.2 \times e^{-0.2 \times 1.54}$$

$$= 8.96 \text{ mg/L}$$

$$s = vt$$

$$\Rightarrow t = \frac{s}{v} = \frac{40000}{0.3}$$

$$= 133333.33 \text{ s}$$

$$= 1.54 \text{ days}$$

Lecture-13

treatment এর পর হ্রদ অথবা ক্ষান্ত river এ কোন
 ২য়, তবে surface water highly susceptible to
 pollution.

Surface water pollution and DO availability.
 oxygen demanding waste অথবা একে বোঝি,
 এর universal focus না, আমাদের তখন major
 focus.

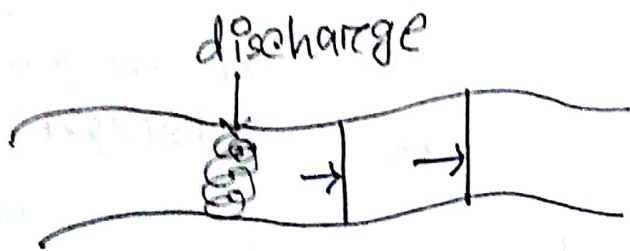
Modeling Effect of O_2 demanding waste on river:
 oxygen stream এ আমরা বিচার করি, দুটি স্থান
 algae photosynthesis এর মাধ্যমে O_2 তৈরি করে
 পানি, But আমরা অন্য জায়গায় চলে যাই,
 Tributary এ oxygen বেশি/কম হতে পারে।
 তখন তখন DO বেশি থাকে। আমাদের তখন tributary
 water ধারণি।

Two key processes

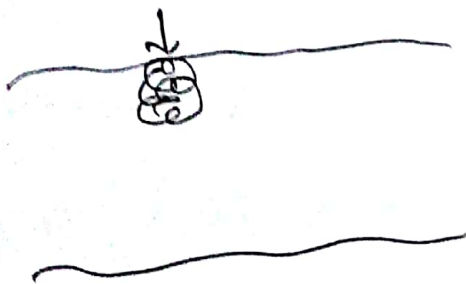
source \rightarrow aeration

sink \rightarrow oxydation of organic waste } single source and sink

Modeling effect of O_2 waste on river:



আনেক বড় width হলে বেশ mixing হবে না ।



along the flow কোন dispersion নাহে, পানির স্রোত থাকে ।

* মনে রাখা গুরুত্ব । (source, sink, assumption)

Model Equation:

Deoxygenation: $r_D \propto L_t$; $L_t = \text{BOD remaining in water}$

$$r_D = K_d L_t$$

$$\boxed{r_D = K_D \cdot L_0 e^{-kt}} \quad \text{--- ①}$$

Reaeration :

$$r_R \propto (DO_{sat} - DO)$$

$$r_R \propto D$$

$$\boxed{r_R = K_R D} \quad \text{--- ②}$$

$$D = DO_{sat} - DO$$

$$= DO \text{ deficit}$$

ଅର୍ଥ କଲମ ଓଡ଼ ଆକ୍ଷେ
ଭୁବରେ ଅସ୍ଥିତ ।

* Eqⁿ ମୂଳେ ସ୍ଥାୟତା ରହେ ।

○ value different .

$$\begin{aligned} \frac{dD}{dt} &= r_D - r_R \\ &= K_D L_0 e^{-kt} - K_R D \end{aligned}$$

t = time

u = stream velocity

x = distance travelled

$$x = t \cdot u$$

$$t = \frac{x}{u}$$

$K_R = K_D$ ଅର୍ଥେ ଇଞ୍ଫିନିଟି ରହେ ।

DO sag curve

$$DO = DO_{sat} - D$$

সবচেয়ে আধার point যেখানে সঙ্কোচ ঘনিতা হচ্ছে সেখানে
স্বা. certain distance দূরে।

কিছু বা কয়েকটি কিছু সঙ্কোচ পরে DO বাড়াবে।

min^m যদি desire level জুড়ি উঠবে থাকে তাহলে
OK। তবে critical point, জুড়ি DO কে critical DO
বলে।

Critical point → Location } আনুমান্য স্থানতে চাই,
DO_{critical} / DO_{min}

t_c = critical time

$t_c \times u$ = distance

D_c = critical deficit, i.e. deficit at critical
point.

$$DO_{critical} = DO_{min} = DO_{sat} - D_c$$

Streeter-Phelps oxygen sag curve

* t_c & D eqn সনে রাখবে।

zones of pollution:

ମାନିତ / sediment ଏ କେ ସମ୍ଭାବନା ସ୍ୱଳ୍ପରେ ଖୋଲି ଦେଇ
 ଶୋଷଣ ମାତ୍ର ମାନି ଶେଷ ବା ପ୍ରାୟାପି ।

Effect of temperature on DO sag curve :

* x_m ଏ ଖାଲି ।

temp ବାଡ଼ିଲେ ବ୍ୟାକ୍ଟିରିଆ higher level decompose
 କରୁ, ଖାଲିର temp ବାଡ଼ିଲେ DO_{sat} କମି ଥାଏ ।

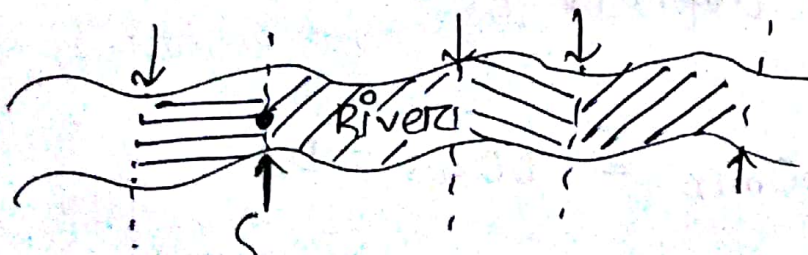
Effect of NBOD on DO sag curve.

$$L_t = L_0 e^{-kt}$$

↓
ultimate CBOD.

shape ଜାଣିବ ।

Multiple point sources :



initial ଏବଂ ଏ point ଏ ଥା ମୋଡ଼ିଛି +
 ଖୋଲି ଚୁକାନ୍ତି ।

Limitations of oxygen sag eqn.

* ମତ୍ତ

Estimation of parameters of DO sag eqn :

river* ଉକ୍ତ vel ଚେକି ୧(ନି k_n ଚେକି ୧(ବ ।
oxygen ଚେକି ଢୁଙ୍କର ।

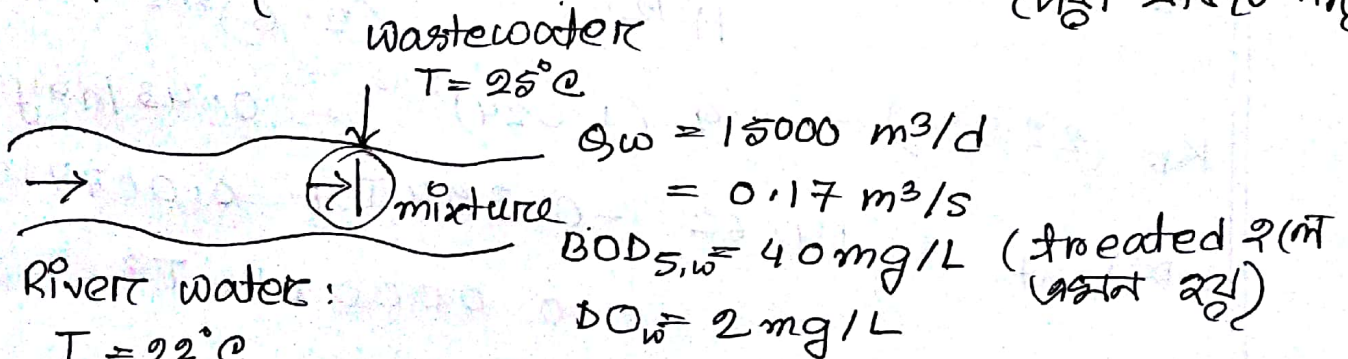
DO sat depends on pressure & temp.

DO sat eqn ଶୁଣି ଅଟେ ।

charet ସୁଅକ୍ତ ବୁଡ଼େ ୧(ବ ନା ।

ଅକ୍ତୁଡ଼େ ଧାନିତେ DO କ୍ତ, ଅତ ନବନ ଚେକି ତତ DO କ୍ତ ।

* Example : (ନାକ୍ତବ \rightarrow variation ଅଟେ) DO / DO min
ତାହା ଅକ୍ତୁଡ଼ ମାତ୍ର



Given: Lab. determined k
value for mixture of
wastewater and river
water = $0.23/\text{d}$
velocity of stream = 0.2 m/s
Avg. stream depth = 2.66 m

Estimate DO_{min} ,
 x_c , t_c and sketch
DO profile for a 100 km
reach

$$\underline{\text{Sol}^n} \quad Q_{\text{mix}} = Q_n + Q_w = 0.5 + 0.17 = 0.67 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{BOD}_5 (\text{mix}) = \frac{40 \times 0.17 + 0.5 \times 3}{0.67} = 12.4 \text{ mg/L}$$

$$L_{o \text{ mix}} = \frac{\text{BOD}_5 (\text{mix})}{1 - e^{-5k}} = \frac{12.4}{1 - e^{5 \times 0.23}} = 18.2 \text{ mg/L}$$

$$\text{DO}_{\text{mix}} = 6.5 \text{ mg/L}$$

$$T_{\text{mix}} = 22.8^\circ\text{C}$$

$$k_d = k_T = k_{22.8} = 0.23 (1.047)^{2.8} = 0.26/\text{day}$$

$$k_p (20^\circ\text{C}) = \frac{3.9 u^{1/2}}{H^{3/2}} = \frac{3.9 (0.2)^{1/2}}{(2.6)^{3/2}} = 0.4/\text{day}$$

$$k_p (22.8^\circ\text{C}) = 0.4 (1.024)^{2.8} = 0.43/\text{day}$$

$$(\text{DO})_{\text{sat}} = 14.62 - 0.394T + 0.007714T^2 - 0.0000646T^3$$

$$= 8.9 \text{ mg/L}$$

$$D_o = \text{DO}_{\text{sat}} - \text{DO}_{\text{mix}} = 2.4 \text{ mg/L}$$

$$t_c = \frac{1}{k_p - k_d} \ln \left\{ \frac{k_p}{k_d} \left[1 - \frac{D_o (k_p - k_d)}{k_d \cdot L_o} \right] \right\} = 2.42 \text{ days}$$

$$D_e = \frac{k_d}{k_p} \cdot L_0 e^{-k_d t} = \frac{0.26}{0.43} \times 18.2 \times e^{-0.26 \times 2.42}$$

$$= 5.87 \text{ mg/L}$$

$$DO_{\text{critical}} = DO_{\text{min}} = 8.9 - 5.87 = 3.03 \text{ mg/L}$$

$$x_c = 0.2 \text{ m/s} \times 2.42 \text{ days}$$

$$= 41.8 \text{ km}$$

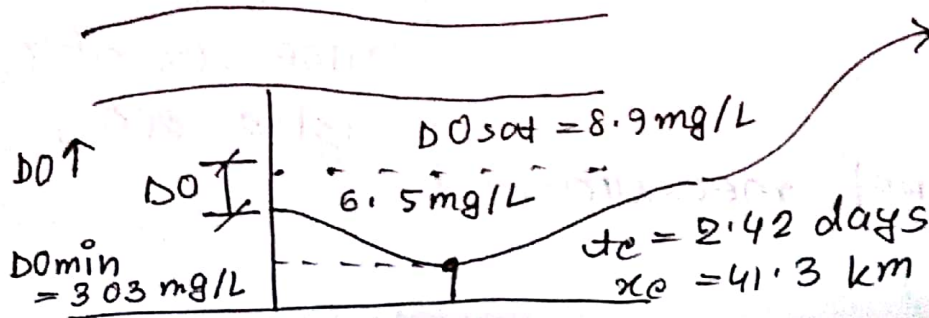
$$\text{now, } D = \frac{k_d L_0}{k_p - k_d} (e^{-k_d \cdot x/u} - e^{-k_p \cdot x/u}) + D_0 e^{-k_p t}$$

use, $x = 20, 75, 100 \text{ km}$, find D , find DO and then sketch DO profile. (profile शोभाएत करे)

* D & t_c eqn सेन ब्रायव।

Asraf Sir

Previous Problem :



ଏହାପାଇଁ ନିମ୍ନ ନିମ୍ନ
DO ବାଡ଼ି aeration
କରି ଜଳ, ଏହା
self purification.

Pollution control :

Factors affecting self-purification.

Q. What are the factors affecting self-purification?

Time ↑ pathogen ବଢ଼ିବ

Temp ↑ ହେବ " "

shallow stream ରେ aeration ହାର ଓ ଚାନ୍ଦି ଥିବ ।

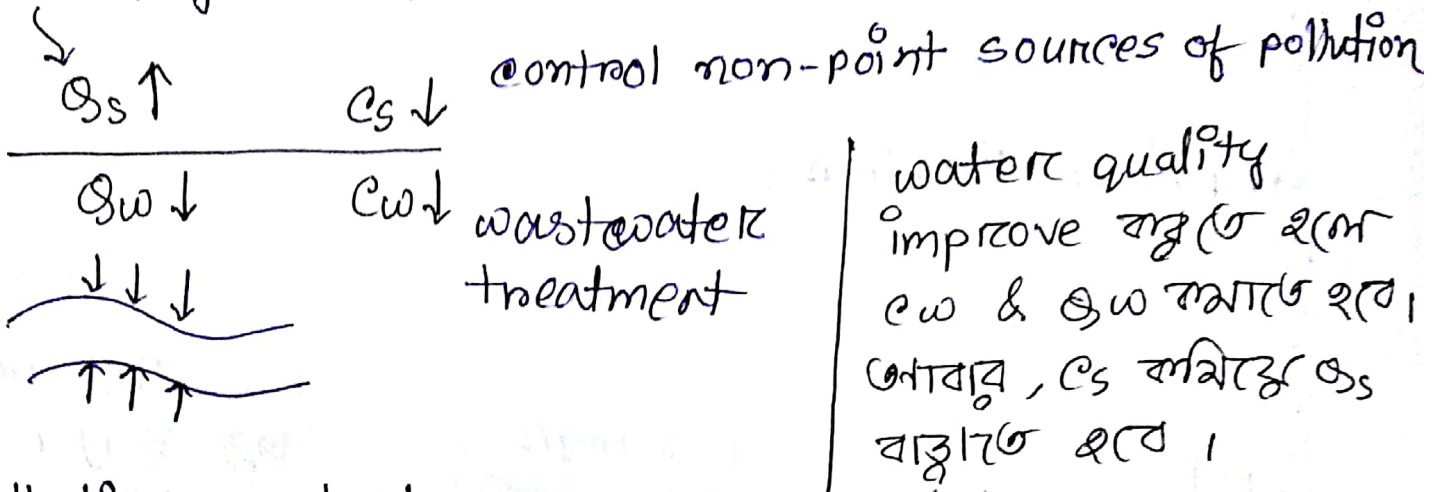
କମ୍ପେକ୍ସ water quality ହାର ଥିବ ।

major component organic matter. ଏହା control

କରିବା ପାଇଁ ବାକ୍ଟିରିଆର automatically control ଥିବ

ଏହା । ଏହା thumb rule .

flow management augmentation



Pollution control measures:

* x m la batat ।

Control of non-point source pollution:

water body ৰ পাৰে vegetation থাকিলে run-off
ৰেখা হাজাৰ পানি/pollutant কমি যায়।

Water Quality in Lakes and Reservoirs:

Lake ৰ flow খুব slow river ৰেখা জুটায়।

lake ৰেখাৰ বা বড় হলে পাৰে। textbook ৰ

huge lake বুঝায় হয়।

lake ৰ পানি stagnant. ওহে problem, একা হয়।

Algal growth হয়।

Global scale:

Major water quality problem in lake:

- algal bloom or eutrophication.

Bangladesh context: Lake water

- Organic pollution
- Eutrophication
- Eutrophication

Very nutrient important for algal growth.

Important nutrients for eutrophication:

C, P, N

অন্যগুলো ক্ষুদ্র পরিমাণে small amount

C আসে atmosphere থেকে

N আসে atmosphere + wastewater থেকে

P আসে mainly from wastewater.

তাই wastewater কমাতে শুধু P কমানোর যত্ন, C,

N কমানোর যত্ন না। তাই P কে limiting

nutrient বলে।

algae মনে গেলে organic matter হুগ, তখন DO

কমে যায়।

algal bloom থেকে মাছের disease ও হুগ।

Surface water quality : Lakes and Reservoir

- DO ↑ Oligotrophic - new lake → low nutrient, organic matter
DO ↓ Eutrophic - old lake → high nutrient, high organic matter
DO - good Mesotrophic - intermediate → moderate nutrient, organic matter
↓
healthy → BOD , species, BOD বেশি।

* পড়ব।

Eutrophication:

- natural eutrophication
- cultural eutrophication.

wastewater বা ফেনাও naturally nutrient সিঙ্গে
algal bloom হয়, long process, 1000 years
মাত্র। এর natural.

cultural → faster process,
* পড়ব।

Nutrients and Eutrophication :

সিঙ্গে ফেনা পানিতে algae বেশি থাকে, সেই পানিতে
pH অনেক বেশি, pH 9/9.5 হয়ে যায়।

N/P ଚିତ୍ର limiting value important.

$$P = 0.015 \text{ mg/L} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{ମାନ ଦାଖଲ,}$$

$$N = 0.3 \text{ mg/L}$$

* ପଢ଼ିବ ।

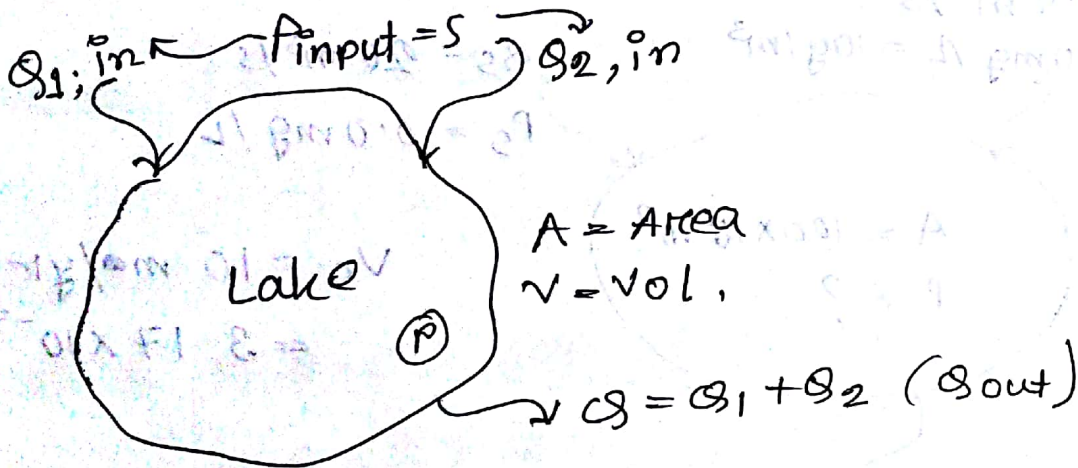
Why is Phosphorus the limiting nutrient?

algae ମାନର ରୁଚ୍ଛ chlorophyll a ଥିବାରୁ,

* \Rightarrow What do you understand by limiting nutrient?

- ଖରାବ nutrient. e, N ବାଲ୍ୟର ଅନୁରାତ । P ବାଲ୍ୟର ଅନୁରାତ ।

Surface water quality:



Phosphorus model

$V_s =$ settling rate

* ପଢ଼ିବ ।

Example: (x m & WISNTR variation)

$$A = 100 \times 10^6 \text{ m}^2$$

$$Q_w = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_w = 10 \text{ mg/L} = 10 \text{ g/m}^3$$

$$Q_s = 20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_s = 0.0 \text{ g/m}^3$$

$$V_s = 10 \text{ m/yr} = 3.17 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

a lake fed by a stream also receives waste water.

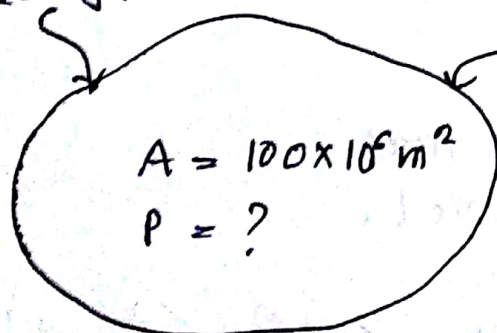
(i) Estimate average P conc. in lake.

(ii) Estimate P removal rate at a treatment plant to keep P conc. below 0.01 mg/L.

$$Q_w = 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$$
$$P_w = 10 \text{ mg/L} = 10 \text{ g/m}^3$$

$$Q_s = 20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_s = 0.0 \text{ mg/L}$$



$$V_s = 10 \text{ m/yr}$$
$$= 3.17 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

$$Q_{out} = Q_w + Q_s = 0.4 + 20 = 20.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

Soln

Phosphorus (P) loading :

$$S_w = 0.4 \text{ m}^3/\text{s} \times 10 \text{ g}/\text{m}^3 = 4 \text{ g}/\text{s}$$

$$S_s = 0$$

$$\therefore S = S_w + S_s = 4 \text{ g}/\text{s}$$

$$\text{Total flow: } Q = Q_w + Q_s = 0.4 + 20 = 20.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P = \frac{S}{Q + V_s \cdot A} \quad (\text{unit नल झाअव}) \quad (\text{cm unit कि पुरा
जाए (दक्षत जाम करे)})$$

$$= \frac{4}{20.4 + 3.17 \times 10^{-7} \times 100 \times 10^6}$$

$$= 0.077 \text{ mg}/\text{L}$$

now if $P = 0.01 \text{ mg}/\text{L}$,

$$P = 0.01 = \frac{S}{Q + V_s \cdot A}$$

$$\Rightarrow S = 0.01 (20.4 + 3.17 \times 10^{-7} \times 100 \times 10^6)$$

$$= 0.521 \text{ g}/\text{s}$$

$$\text{If } S = 0.521 \text{ g}/\text{s}, \text{ req. } S_w = S - S_s = 0.521 \text{ g}/\text{s}$$

$$\text{actual } S_w = 4 \text{ g}/\text{s}$$

$$\% \text{ Removal req} = \frac{4 - 0.521}{4} \times 100 = 87\%$$

Thermal stratification in Lakes :

ঐতিহাসিক সেকেন্ডারি স্ট্রাকচার।

Epiplimnion → বাতাসের স্পন্দন। temp কাছাকাছি।

Metaplumion → thermocline, rapidly temp drop করে।

পানির উপরে low density, summer এ hot, winter এ বৃষ্টি। তাই density কম।

winter কোর্ট সোল সব বৃষ্টি ~~কম~~ সোল ডিয়ে 4°C হলে হয়। কোন layer থাকে না।

Fall over turn → উপরের পানি 4°C হলে হয়। তখন উপরের পানি নিচে চলে আসে। আর নিচের পানি উপরে চলে যায়।

spring এও হয়।

* গভীর।

* কোন lake susceptible to lowere DO and overturn?

Water quality management in Lakes :

* important.

10.07.18

Azraf Sir

Groundwater Pollution :

Subsurface environment \rightarrow saturated zone (যেটা)
water extract করা যায়।

Aquifer : Perched water table \rightarrow non-saline
confined aquifer saline হতে পারে।

Sources of Ground water Contamination :

In Bangladesh, বিভিন্ন লেজা স্টোর লিনিং না থাকার
কারণে leachate তুলে যেতে পারে। Many companies
dispose chemicals underground.

Aquifer এ bacteria বাড়তে পারে due to pit latrine.

Transport process of solutes in a porous media:

Advection \rightarrow Movement of dissolved solutes with
groundwater with the velocity of river.

Hydrodynamic Dispersion

Mechanical mixing \rightarrow advection summation,

$\alpha \rightarrow$ function of aquifer.

velocity low \rightarrow clay material α . $\alpha \propto v$
যদি দ্রুত গাঢ়ি,

যদি velocity high α যদি দ্রুত গাঢ়ি,

along the flow dispersion বেশি, কারণ

flow দ্রুত দিকে α এর বৃদ্ধি value বেশি।

1-D Dispersion of a pulse tracer in a column:

1-D Advection Dispersion: Pulse Input

একটি certain mass প্রদান input দিবে।

যদি move করে, তা দ্রুত, peak তা করে,

$$C(x, t) = \frac{M}{n \sqrt{4\pi D_L t}} e^{-\frac{(x - vt)^2}{4 D_L t}}$$

n = porosity

D_L = long direction dispersion coeff.

$$C(x) = \frac{M}{n \sqrt{4\pi \alpha x}} \rightarrow \text{একটি জটিল peak.}$$

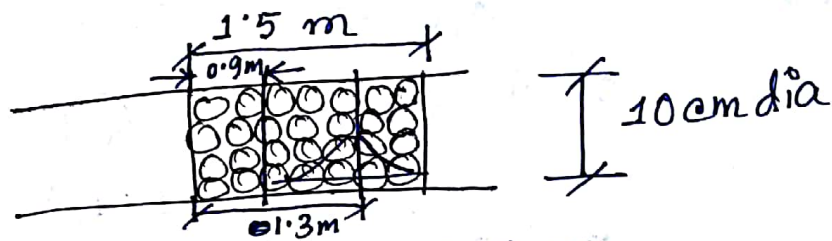
α = often taken to be equal to mean grain size of the media.

Problem: (1 time input)

A column experiment is set up in the laboratory. Sand with a mean grain size of approx 0.5mm is packed (porosity 0.3) into a cylindrical column, 1.5m in length and 10cm in dia. Water flows through the column with a seepage velocity of 1m/hr. 5mg of salt are injected into the column (pulse injection).

a) what will be the conc. of salt after an hour at a distance 0.9 m down the column?

b) when the tracer mass is centered 1.3 m down the column, what is the conc. of tracer at this location?



Grain size = 0.5 mm

$$n = 0.3$$

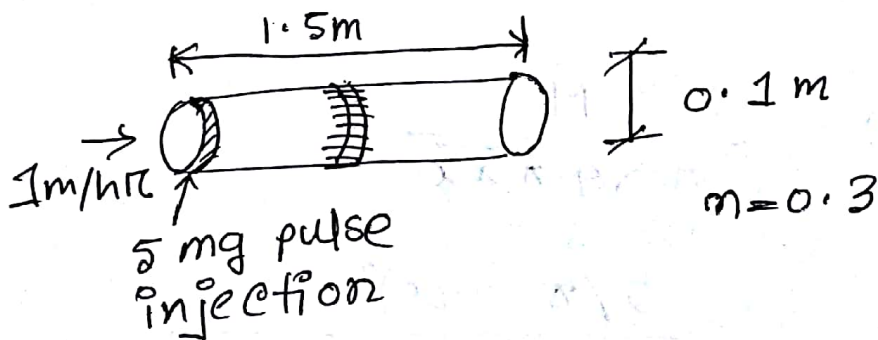
$$\bar{v} = 1 \text{ m/hr}$$

Pulse input = 5 gm salt

find : a) @ (0.9 m, 1 hr)

b) @ (1.3 m)

Solⁿ



(a) we know, $c(x, t) = \frac{M}{n \sqrt{4\pi D_L t}} e^{-\frac{(x-\bar{v}t)^2}{4D_L t}}$

$$c(0.9 \text{ m}, 1 \text{ hr}) = ?$$

$$M = \frac{5 \text{ mg}}{\pi (0.05)^2}$$

$$D = \alpha \bar{v}$$

$$= (0.5 \text{ mm}) \times (1 \text{ m/hr})$$

$$= 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{hr}$$

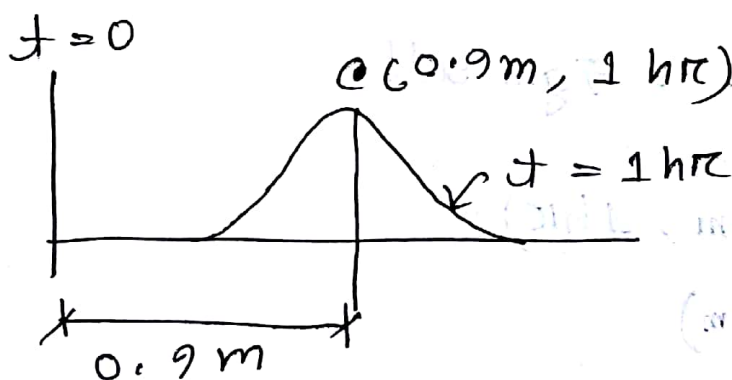
[ignoring D^*]

$$c(0.9\text{m}, 1\text{hr}) = \frac{5}{\pi(0.05)^2} \frac{\text{mg}}{\text{m}^2}$$

$$\times 0.3 \sqrt{4\pi \times 15 \times 10^{-4} \times 1} \text{ m}$$

$$\times e^{-\frac{(0.9 - 1 \times 1)^2}{4 \times 15 \times 10^{-4} \times 1}}$$

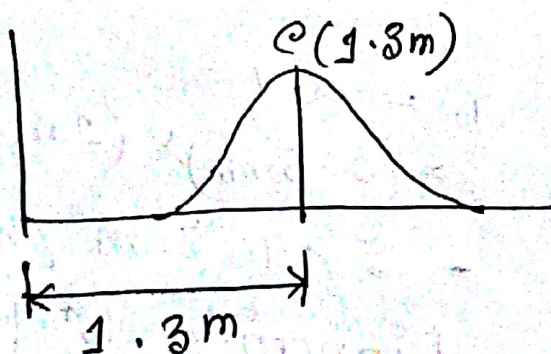
$$= 180 \text{ mg/m}^3$$



$$(b) \quad c(x) = \frac{M}{\pi \sqrt{4\pi \alpha x}}$$

$$= \frac{5/\pi(0.05)^2}{0.3 \sqrt{4\pi \times 0.2 \times 10^{-3} \times 1.3}}$$

$$= 23000 \text{ mg/m}^3$$



1-D Advective Dispersive Transport:

Continuous input:

D_x = Dispersion in x direction

Sandy silty soil ଏହା ଜମା ଏମ 5.

Table 3-4 ଖୋଜି ଆଣନ୍ତୁ।

value ସାକ୍ଷାତ୍ସାଧିତ ହେଲେ interpolation,

lab data ବୋଲାଇଁ ଜମା use କରା ହେବ।

Advective - Dispersion transport with chemical reaction:

ଏହାସବୁ କାରଣେ solute ଏହା movement retard ହେବ।

* Fig: Advance of ... লেন কল্লু পড়ব।

Retardation of solutes due to adsorption.

সবচেয়ে বেশি তাহলে পানির প্রায় α বাসলেবে
এ তাহলে কল্লুর ground slope α দিকে।

PCE সিঙ্ক্রিট তাহলে। কল্লুর soil এর মধ্যে adsorption
হবে। তাহলে আকারে পারবে নাহে।

এ এর soil এর মধ্যে কোন adsorption নাহে।

R মত তাহলে α কল্লু সিঙ্ক্রিট।

Ex 1 A non-reactive (conservative) solute is sent through a column (filled with

relatively homogeneous sand) 30 cm in

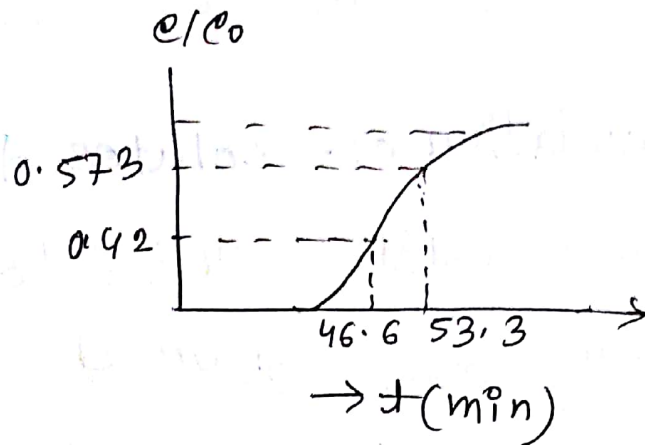
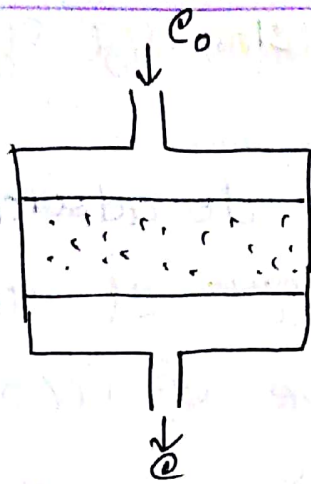
length at a velocity of 1×10^{-2} cm/s. The

$C/C_0 = 0.42$ point arrived after 46.6 minute;

Estimate The $C/C_0 = 0.573$ point arrived

after 53.3 min. Estimate dispersivity of

sand (neglect molecular diffusion).



sandy soil : dispersion $\begin{cases} \times & \text{molecular diffusion} \\ & (D^*) \\ \checkmark & \text{mechanical mixing} \\ & (\alpha \bar{v}) \end{cases}$

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D_x \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \bar{v}_x \cdot \frac{\partial c}{\partial x}$$

solution, neglecting molecular diffusion,

$$c/c_0 = \frac{1}{2} \left[\text{erfc} \left(\frac{x - \bar{v}_x \cdot t}{2 \sqrt{D_x t}} \right) \right]$$

at $t = 46.6$ min, $c/c_0 = 0.42$

$$0.42 = \frac{1}{2} [\text{erfc}(\beta)]$$

$$\Rightarrow 0.84 = \text{erfc}(\beta)$$

From table (error function chart), if

$$\operatorname{erfc}(\beta) = 0.84, \quad \beta \approx 0.14 \text{ (by interpolation)}$$

$$0.14 = \beta = \frac{x - \bar{v}_x t}{2\sqrt{D_x t}} = \frac{30 - 1 \times 10^{-2} \times 60 \times 46.6}{2 \times \sqrt{D_x \times 46.6 \times 60}}$$

$$\Rightarrow D_x = 0.019 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$\text{Now, } D_x = \alpha \bar{v}_x + D^* \text{ (neglect)}$$

$$\therefore \alpha = \frac{0.019}{10^{-2}} = 1.9 \text{ cm}$$

$$\text{at } t = 53.3 \text{ min, } c/c_0 = 0.573$$

$$0.573 = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{30 - 1 \times 10^{-2} \times 60 \times 53.3}{2\sqrt{D_x \times 53.3 \times 60}} \right)$$

$$\Rightarrow 1.146 = \operatorname{erfc} \left(\frac{30 - 32}{2\sqrt{D_x \times 53.3 \times 60}} \right)$$

$$\Rightarrow 1.146 = \operatorname{erfc}(-\beta) = 1 + \operatorname{erf}(\beta)$$

$$\Rightarrow \operatorname{erf}(\beta) = 0.146$$

$$\text{From error function chart, } \beta = 0.13$$

$$\therefore 0.13 = \frac{32 - 30}{2\sqrt{D_x \times 53.3 \times 60}}$$

$$\Rightarrow D_x = 0.019 \text{ cm}^2/\text{sec}$$

$$\therefore d = 1.9 \text{ cm}$$

$$d_{\text{avg}} = \frac{1.9 + 1.9}{2} = 1.9 \text{ cm}$$

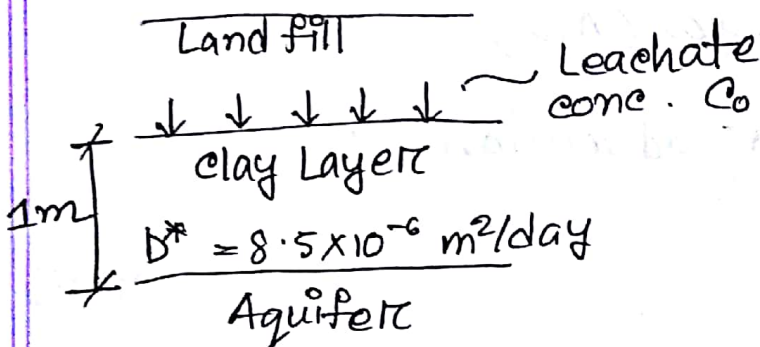
Astaf Sir

Error function: $\text{erf}(x)$

Complementary error function: $\text{erfc}(x)$ [erfc (complementary)]

$\text{erfc}(x)$ & $\text{erf}(x)$ are related

$$\text{erfc}(x) = 1 - \text{erf}(x)$$

Ex 2

Estimate the time when contaminant conc. in the aquifer will be 20% of that in the landfill.

Solⁿ advection is slow, diffusion control - eqn 4.

For diffusion controlled transport, solution to 1-D advection dispersion equation becomes,

$$c/c_0 = \text{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{D^*t}} \right)$$

$$\therefore c/c_0 = 0.2 = \text{erfc}(\beta) \quad ; \text{ where } \beta = \frac{x}{2\sqrt{D^*t}}$$

from error function chart,

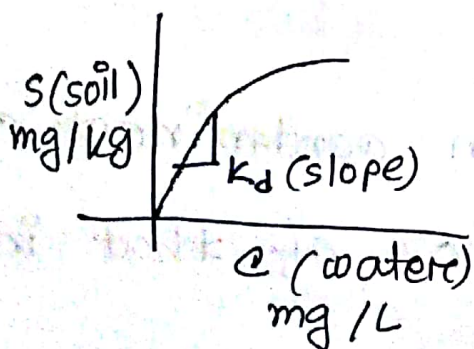
$$\text{if } \text{erfc}(\beta) = 0.2, \quad \beta = 0.9$$

$$\therefore 0.9 = \frac{x}{2\sqrt{D^*t}}$$

$$\therefore t = \frac{1^2}{2^2 \times 0.9^2 \times 8.5 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore t = 99.5 \text{ years (Ans)}$$

* clay layer ~~at~~ advection = 0.



* Assume that the solute undergo adsorption with $k_d = 1.1 \text{ cm}^3/\text{g}$. For the soil $\rho_b = 2 \text{ g/cm}^3$, $n = 0.25$. Estimate the time.

Here, $D^{*'} = \frac{D^*}{R}$

where, $R = 1 + \frac{\rho_b}{n} \cdot k_d$

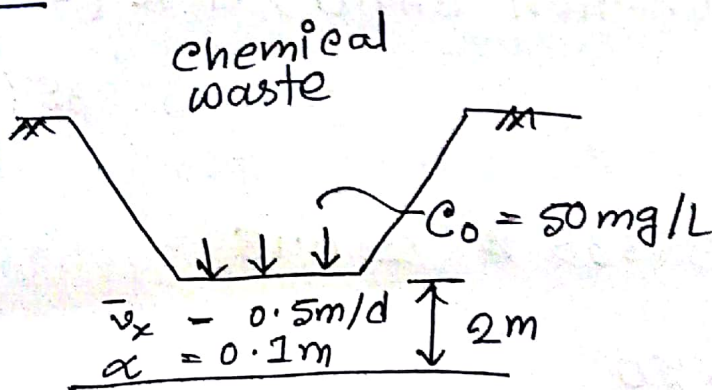
$$\therefore t = \frac{1^2 \times 9.8}{(2)^2 \times (0.9)^2 \times 8.5 \times 10^{-6}}$$

$$= 975 \text{ years}$$

$$= 1 + \frac{2}{0.25} \times 1.1$$

$$= 9.8$$

Ex 3



calculate conc. at a distance 2m from the bottom of the waste pond after 3 days assuming vertical 1-D transport. (Assume conservative contaminant and neglect molecular diffusion)

Solⁿ advection control

$$\bar{v}_x = 0.5 \text{ m/day}$$

$$D_x = \alpha \bar{v}_x + \frac{D^{*'}}{\bar{v}_x} \rightarrow \text{neglect}$$

$$= 0.1 \times 0.5 = 0.05 \text{ m}^2/\text{day}$$

$$c/c_0 = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{x - \bar{v}x t}{2 \sqrt{Dx t}} \right)$$

$$= \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{2 - 0.5 \times 3}{2 \sqrt{0.05 \times 3}} \right)$$

$$\Rightarrow c/c_0 = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} (0.645)$$

From error function chart, $\operatorname{erfc} (0.645)$

$$\approx 0.35835 \text{ (interpolation)}$$

$$c/c_0 = \frac{1}{2} \times 0.35835 \approx 0.18$$

$$\therefore c = 0.18 \times 50$$

$$= 9 \text{ mg/L}$$

(Note : when both advection and dispersion process are important eq (3), instead of eq 4 and 5 should be used)

Water Quality Problems in Bangladesh

Arsenic contamination of ~~Bas~~ Groundwater

Global Arsenic Occurrence

South, south-west, north-east & arsenic pollution

আসে। north bengal এ নাই খোয়া (করা)।

* As problem is complicated - why? (আসে)

Most Likely Source As and mechanism of its mobilization in the subsurface

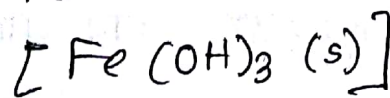
* গুরু।

Role of 'Reduction' as mobilization



Reducing environment

Fe mineral



→ Fe^{2+} হলে As dissolve
হওয়া সম্ভব।

* mechanism লক্ষ্য করে পড়তে হবে।

Possible Alternatives to As : affected ground water:

* MAR कि?

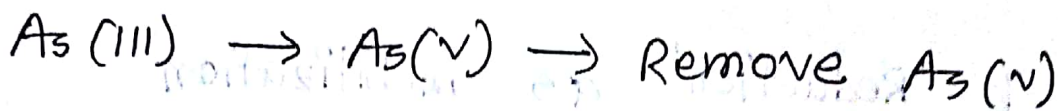
Treatment of Groundwater

As(III) — dominant in reducing env — more toxic

As(V) — dominant in oxidizing env. (10 गुना कम)

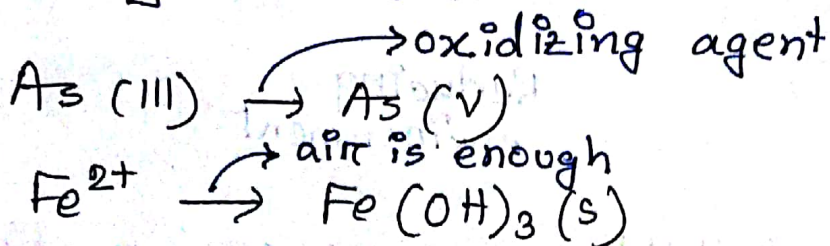
आर्सेनिक निरम oxygen का, reducing env.
surface water में oxygen के लिए,

As(III) हटाना difficult,

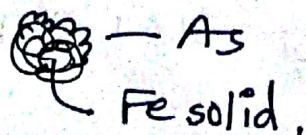


Principles of arsenic removal technologies:

(A) ~~oxy~~ Oxidation:



iron precipitate का रूप में, जो आर्सेनिक As को भी
आकर्षित करता है।



* Passive Sedimentation

গড়ত ।

(B) coagulation - adsorption - precipitation

(C) adsorption

media একসঙ্গে exhaust হয়ে থাকে, তখন replace করা লাগে।

Technologies used for As Removal in Bangladesh

(2) AIR - aeration to oxidize iron → iron গুড়
সাথে As মিশে → filter করে নেওয়া হবে।

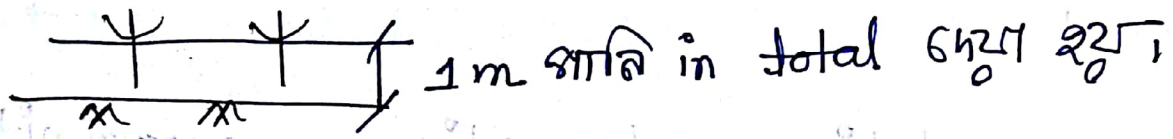
(4) SIDKO → commercial

Question

filter করে আবার iron গুড় করে নিতে হবে। কারণ
filter এতে গুড় বসে গিয়ে থাকে।

Arsenic in food chain

irrigation গুড় মাটি থেকে shallow tubewell
থেকে আসে As contaminate.



প্রতি-hectore ৭ 1kg করে As পাড়বে

Background level \rightarrow 5-10 mg/kg (স্রাউটে As থাকবে)

irrigation ৭৩ সময় বেড়ে 70 mg/kg হয়ে
প্রায়।

Arsenic in Rice and food items

value সুলভ্য করে দেবে না।

Salinity Problem in Coastal Area

Common water options in coastal areas

* ডাউন

* water part এর ques আগেরটার সাথে দিনবে না।

class note follow করে দেবে।