Fluid Flow – Basic Concepts
(तरल पदार्थ का प्रवाह- मूल अवधारणा)

Flow Fields (**प्रवाह क्षेत्रों)**

- प्रवाह क्षेत्र एक क्षेत्र है जिसमें प्रवाह को किसी भी समय सभी बिंदुओं पर परिभाषित किया जाता है
- इसका मतलब है कि वेगों को अलग-अलग समय पर सभी बिंदुओं पर परिभाषित करना
- यह ध्यान दिया जाना चाहिए कि एक बिंदु पर वेग मतलब उस बिंदु पर रहने वाले द्रव कण का वेग है
- प्रवाह को ,

  एक निश्चित समय पर सभी बिंदुओं पर वेग का उपयोग करके देखा जा सकता है

  ‘ या ’

  अलग अलग समय पर एक दिये गये कण का वेग का उपयोग करके देखा जा सकता है

Fluid Flow **(तरल पदार्थ का प्रवाह)**

- तरल पदार्थ के एक तत्व या कण पर कतरनी बल (shear force) के आवेदन से तत्व की निरंतर विरुपण होगा।
- इस तरह के निरंतर विरुपण इस तत्व का एक स्थान से दुसरे स्थान पर विस्थापन होगा, और उसके कारण प्रवाह स्थापित होगा।

प्रवाह पैटर्न (Flow Pattern) का अध्ययन करने के लिए,विभिन्न प्रकार के प्रवाह को वर्गीकृत करना आवश्यक है

“वर्गीकरण समय या स्थान के साथ वेग की स्थिरता या परिवर्तनशीलता पर निर्भर करेगा”

Steady flow and Unsteady flow (स्थिर प्रवाहऔर अस्थिर प्रवाह)

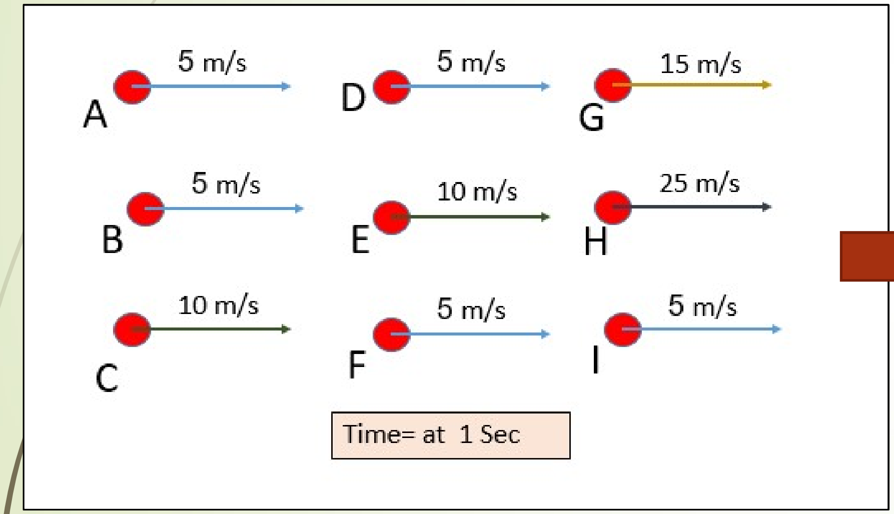
समय के साथ तरल प्रवाह मानकों (parameters) की भिन्नता के आधार पर तरल प्रवाह के वर्गीकरण को दो श्रेणियों में किया जां सकता है ।

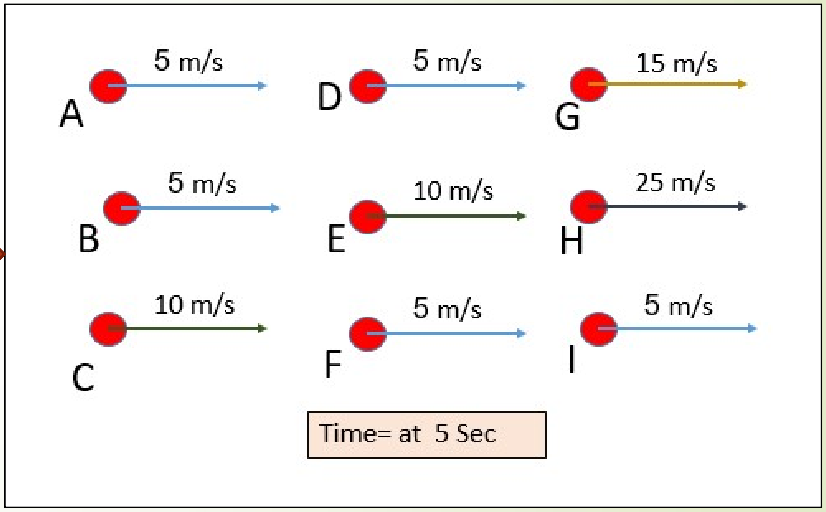
स्थिर प्रवाह और अस्थिर प्रवाह

- **स्थिर प्रवाह** (Steady flow)
  - जो प्रवाह समय के साथ नहीं बदलता है उसे स्थिर प्रवाह कहा जाता है ।
  - स्थिर प्रवाह उस स्थिति को संदर्भित करता है जहां सिस्टम में एक बिंदु पर तरल पदार्थ के गुण समय के साथ नहीं बदलते हैं ।
  - सतत प्रवाह में अलग अलग समय पर दर्ज की गई प्रवाह क्षेत्र की तस्वीरे एक समान होगी ।

Steady flow and Unsteady flow (स्थिर प्रवाहऔर अस्थिर प्रवाह)

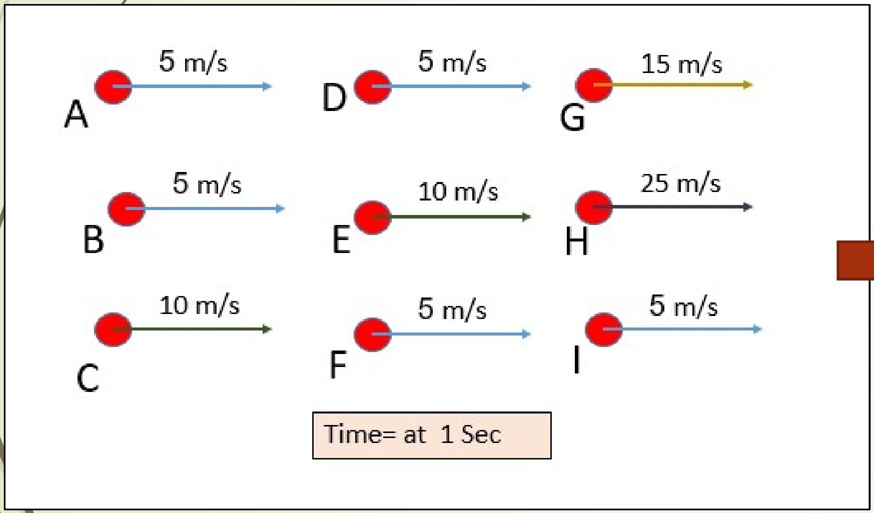
- **स्थिर प्रवाह** (Steady flow)

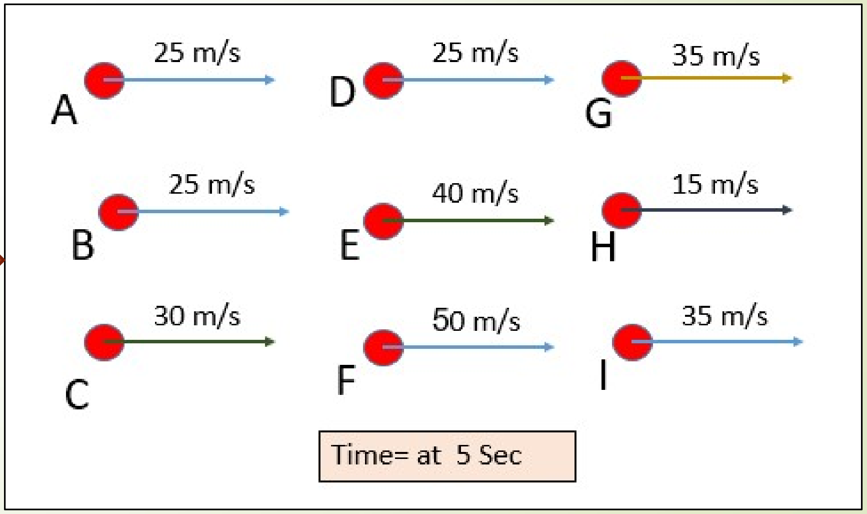




Steady flow and Unsteady flow (स्थिर प्रवाहऔर अस्थिर प्रवाह)

- **अस्थिर प्रवाह** (Unsteady flow)
  - जो प्रवाह समय के साथ बदलता है उसे अस्थिर प्रवाह कहा जाता है ।
  - सिस्टम में एक बिंदु पर तरल पदार्थ के गुण समय के साथ बदलते हैं ।
  - अस्थिर प्रवाह में प्रवाह क्षेत्र का दिखाव समय के साथ अलग अलग होंगे और लगातार बदल रहा हो जाएगा





Uniform flow and Non-Uniform flow (एकसमान प्रवाहऔर असमान प्रवाह)

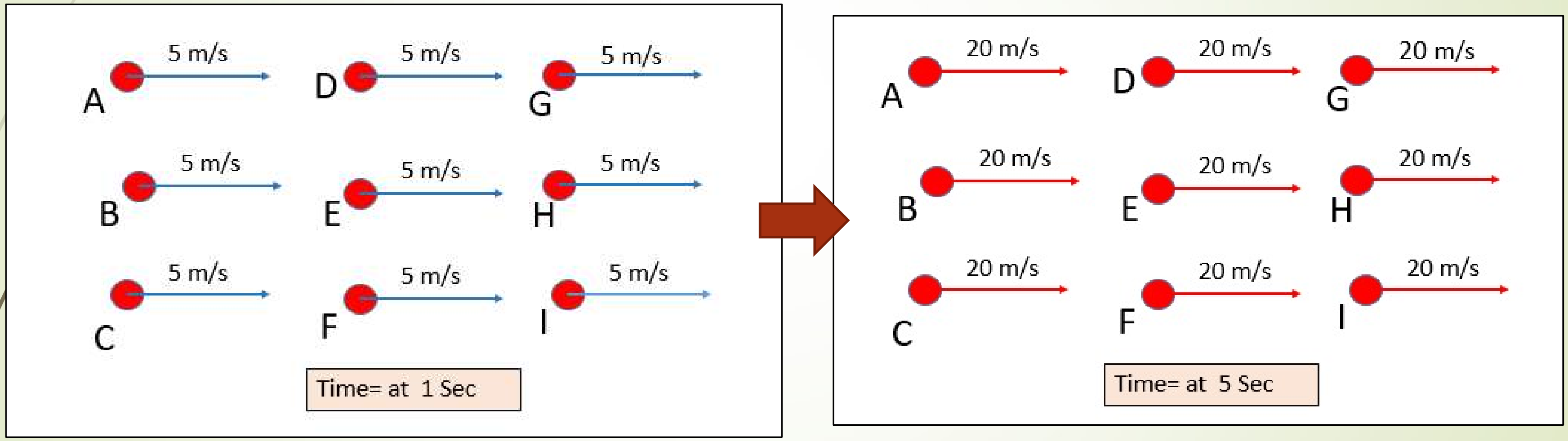
दूरी या **स्थान** के साथ तरल प्रवाह मानकों (parameters) की भिन्नता के आधार पर तरल प्रवाह के वर्गीकरण को दो श्रेणियों में किया जां सकता है ।

एकसमान प्रवाह और असमान प्रवाह

- **एकसमान प्रवाह** (Uniform flow)
  - जो प्रवाह स्थान के साथ नहीं बदलता है उसे एकसमान प्रवाह कहा जाता है ।
  - एकसमान प्रवाह उस स्थिति को संदर्भित करता है जहां सिस्टम में किसी एक समय पर तरल पदार्थ के गुण हर एक बिंदु पर समान रहते है ।

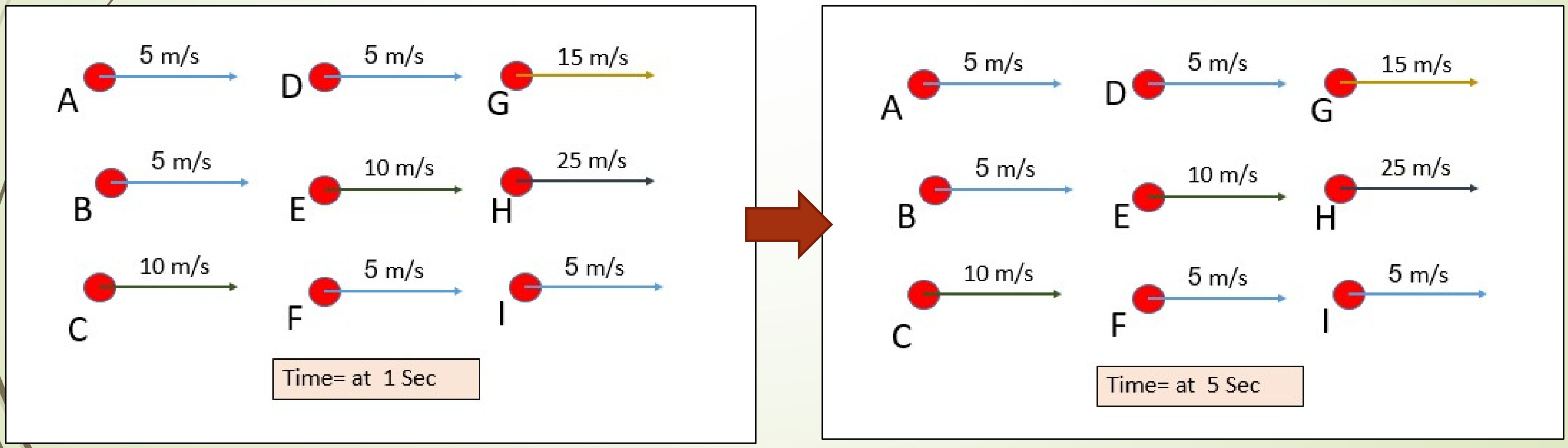
Uniform flow and Non-Uniform flow (एकसमान प्रवाहऔर असमान प्रवाह)

- **एकसमान प्रवाह** (Uniform flow)



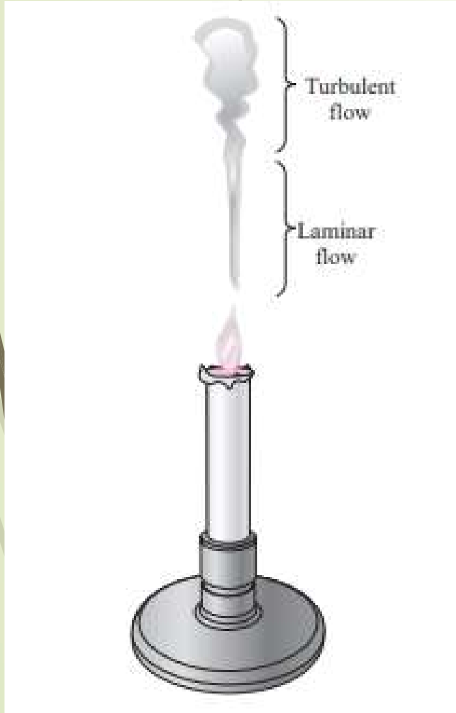
Uniform flow and Non-Uniform flow (एकसमान प्रवाहऔर असमान प्रवाह)

- **असमान प्रवाह** (Non-Uniform flow)
  - जो प्रवाह स्थान के साथ बदलता है उसे असमान प्रवाह कहा जाता है ।
  - असमान प्रवाह उस स्थिति को संदर्भित करता है जहां सिस्टम में किसी एक समय पर तरल पदार्थ के गुण हर एक बिंदु से दुसरे बिंदु पर भिन्न भिन्न होते है ।



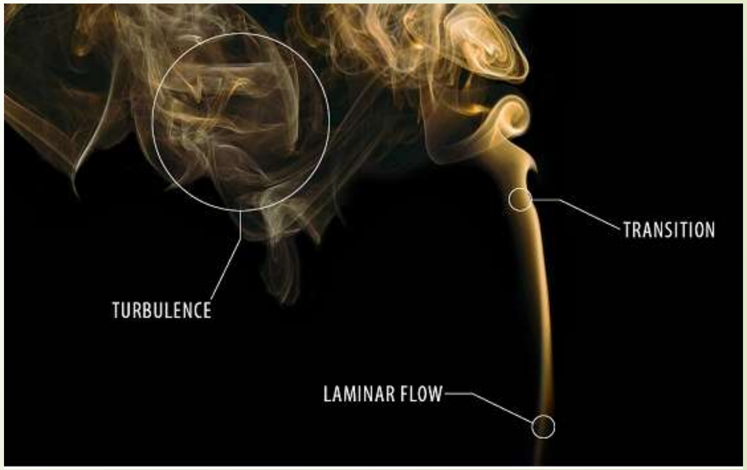
Laminar flow and Turbulent flow (laminar प्रवाहऔर Turbulent प्रवाह)

उदाहरण :



- मोमबत्ती के धुआ जब उपर उठता है तब पेहले कुछ सेन्टीमीटर तक वह smooth layer में दिखता है ,
  - ➢ यह हिस्सा laminar प्रवाह को दिखाता है ।
- और उसके बाद वह अटकलपच्चू ढंग से हर दिशाओ मे उठने लगते है
  - ➢ यह हिस्सा turbulent प्रवाह को दिखाता है ।

- प्रवाह का Laminar से turbulent प्रवाह मे परावर्तन सीधा नहीं होता , उसके लिये वह **transition flow** से गुजरता है ।



Laminar flow and Turbulent flow (laminar प्रवाहऔर Turbulent प्रवाह)

- **laminar प्रवाह**

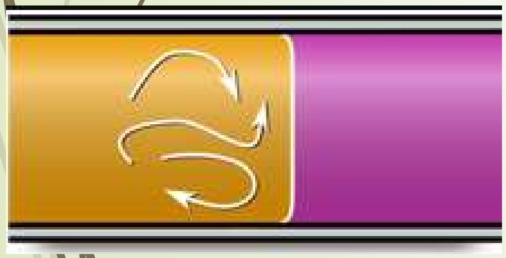
- Pipe मे बहता हुआ प्रवाह जब समांतर पटलो में बहता है तब उसे laminar flow कहा जाता है ।
- laminar flow मे द्रव कणों की गति इतनी व्यवस्थित होती है की कण pipe की दीवार के समांतर एक सीधी दिशा मे बहते है
- कम गति पे , तरल पदार्थ बिना किसी पार्श्व मिश्रण (lateral mixing) के बह्ते है ।
- और निकटस्थ स्तरे एकदुसरे के उपर playing cards की तरह फिसल्ते है ।

प्रवाह की परिस्थिति को जताने के लिये Reynolds number क उपयोग होता है ।

सामान्यत: कह सकते है कि laminar flow कम Reynolds number (< 2300) पर होता है ।

Laminar flow and Turbulent flow (laminar प्रवाहऔर Turbulent प्रवाह)

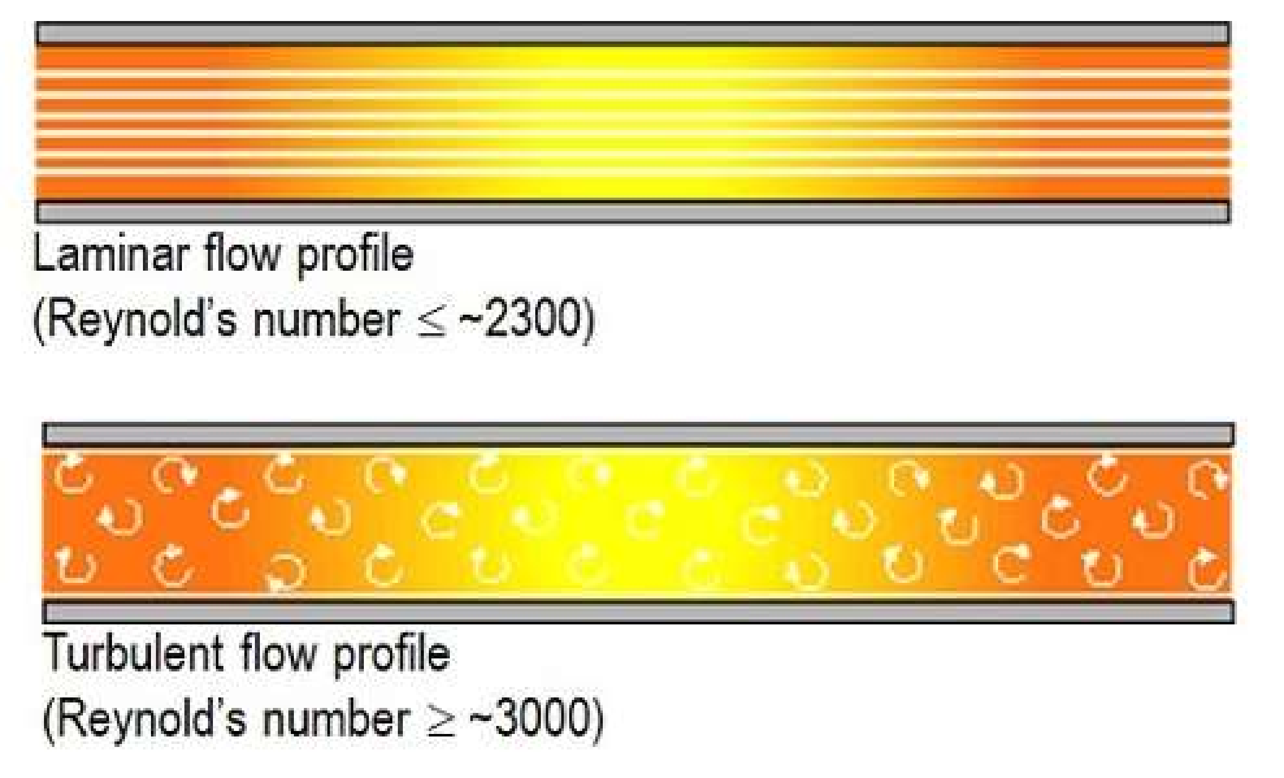
• Turbulent प्रवाह



- laminar flow से विपरित Pipe मे बहता हुआ प्रवाह जब समांतर पटलो में नहीं बहता है तब उसे Turbulent flow कहा जाता है ।
- Turbulent flow मे द्रव कणों की गति इतनी अव्यवस्थित होती है की कण भिन्न भिन्न दिशाओ मे बहते है
- बहुत हि ज्यादा गति पे , तरल पदार्थ पार्श्व मिश्रण (lateral mixing) के साथ बह्ते है

Turbulent flow ज्यादा Reynolds number (> 3000) पर होता है ।

Laminar flow and Turbulent flow (laminar प्रवाहऔर Turbulent प्रवाह)



Flow Visualization
(प्रवाह दर्शन)

जब द्रव गतिकी के मात्रात्मक अध्ययन के लिए उन्नत गणित की आवश्यकता होती है, तब प्रवाह दर्शन से बहुत कुछ चीजें जानि जा सकती है ।

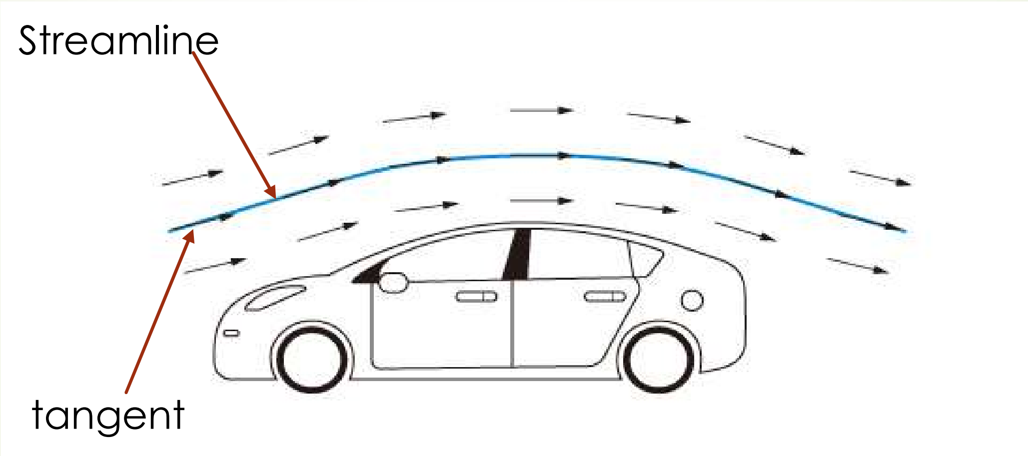
प्रवाह दर्शन :-

“ प्रवाह क्षेत्र कि विशेषताओ कि दृष्टिगत परीक्षा ”

- बहुत तरहकी **प्रवाह पैटर्न** है जिसे हम दृष्टिगत कर सकते है ,
  1. Streamlines
  2. Pathlines
  3. Streaklines

Flow Visualization (प्रवाह दर्शन)

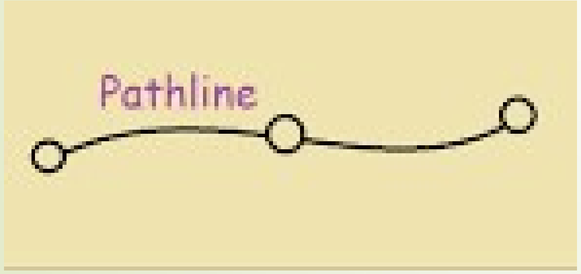
- Streamline
  - Stream line तरल पदार्थ के माध्यम से इस तरह से खींची जाने वाली एक काल्पनिक रेखा है , जिसके किसी भी बिंदु पर खींची जाने वाली स्पर्शरेखा उस बिंदु पर प्रवाह के वेग की दिशा देती है
  - Stream line किसी instance of time पे अनुमानित कि जाती है ।

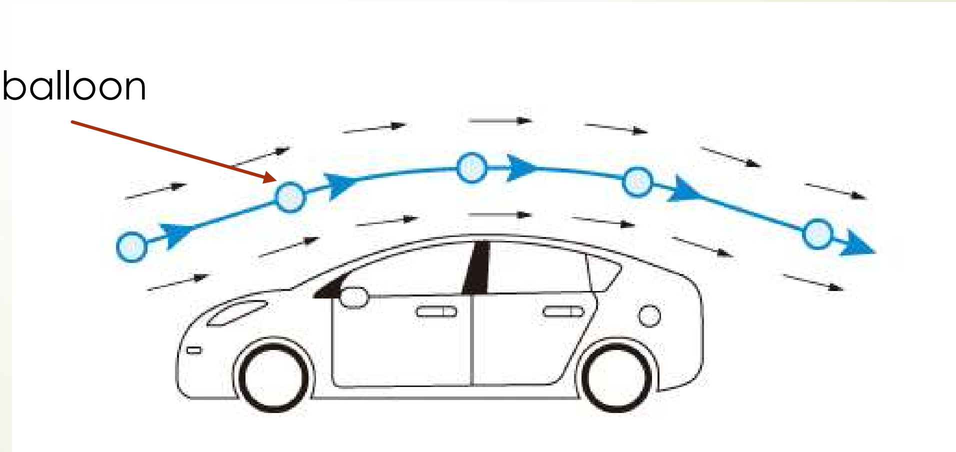


Flow Visualization (प्रवाह दर्शन)

- Pathline
  - Path line एक ऐसा वक्र है जिस पर द्रव कण अपना पदचिह्न छोड़ता है ।
  - Path line किसी over the period of time पे अनुमानित कि जाती है ।

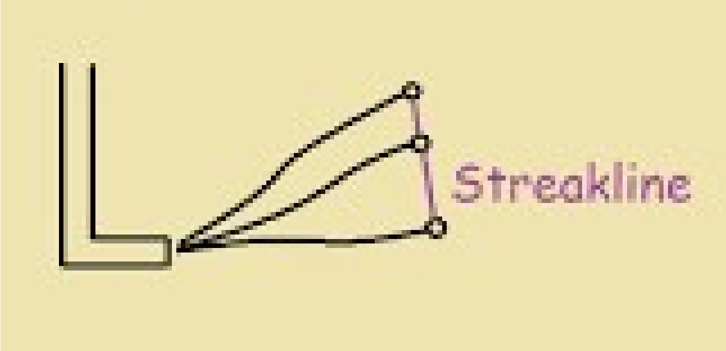
उदाहरण : हवा में उड़ते गुब्बारे से draw किया गया हुआ path





Flow Visualization (प्रवाह दर्शन)

- Streakline
  - Streak line तरल पदार्थ के कणों का ऐसा locus है जिसमे से वह कण प्रवाह के किसी निर्धारित बिंदु से गुजरा हो ।



ध्यान रखे :

स्थिर प्रवाह के लिये streamline, streakline एवं pathline सभी **identical** होती है ।

Rate of Flow
(प्रवाह की दर)

द्रव गतिशास्त्र मे , तरल पदार्थ की मात्रा जो प्रति इकाई समय गुजरती है उसे प्रवाह की दर (rate of flow) कहा जाता है ।

तरल पदार्थ की मात्रा को दो तर्ह से measure किया जा सकता है, एक Volume से और दुसरा Mass से, इसी वजह से प्रवाह की दर दो तरह की होती है

1. Volumetric flow rate

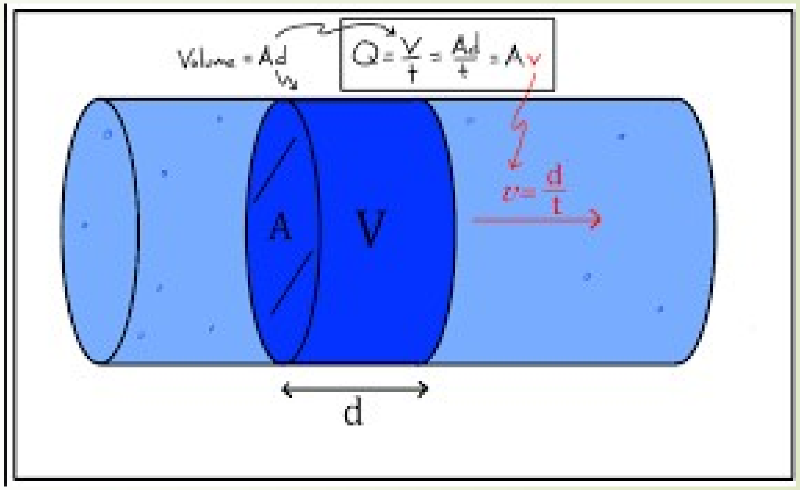
2. Mass flow rate

- **Volumetric flow rate**
  - **Volume per unit time**
  - प्रवाह की दर को Q या V से निर्देशित किया जाता है ।
  - SI UNIT – m^3/s

Rate of Flow
(प्रवाह की दर)

- **Volumetric flow rate**

$$Q = \dot{V} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{dV}{dt}$$



- **Mass flow rate**

  - **Mass per unit time**
  - प्रवाह की दर को m से निर्देशित किया जाता है ।
  - SI UNIT – kg/ s

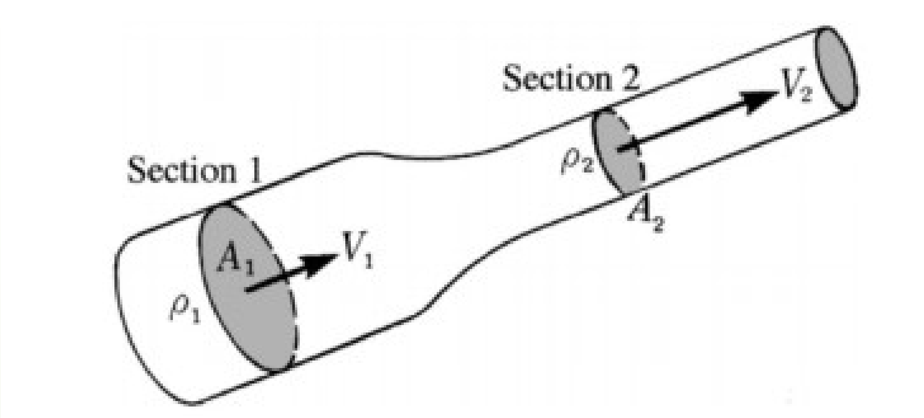
Continuity Equation (निरंतरता समीकरण)

- **law of conservation of mass**
  (द्रव्यमान के संरक्षण का नियम)

स्थिर प्रवाह में, प्रत्येक अनुभाग के माध्यम से गुजरते हुए द्रव्यमान प्रवाह प्रति इकाई समय में कोई बदलाव नहीं होता ।

इस figure मे , pipe का व्यास अनुभाग 1 से अनुभाग 2 तक कम होता जा रहा है ।

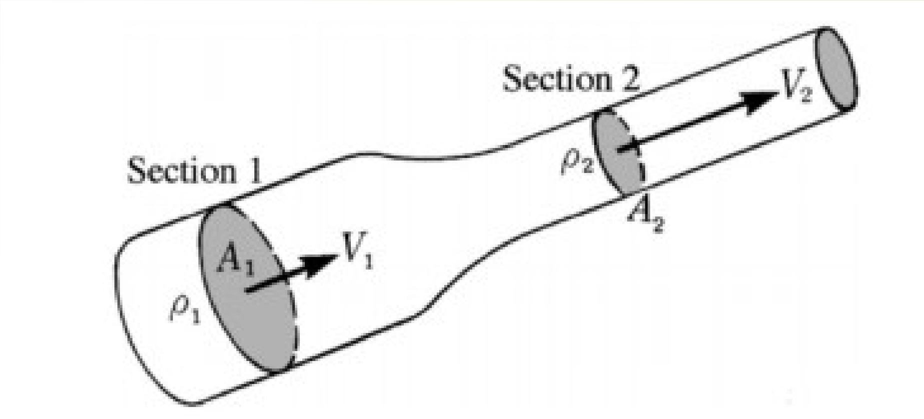
- अनुभाग 1 का क्षेत्र A1 , घनत्व ρ1 है और द्रव की गति v1 है ।
- अनुभाग 2 का क्षेत्र A2 , घनत्व ρ2 है और द्रव की गति v2 है ।



Continuity Equation (निरंतरता समीकरण)

द्रव्यमान के संरक्षण का नियम के तहत , दोनो अनुभागो मे द्रव्यमान एक्समान होगा |

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2$$



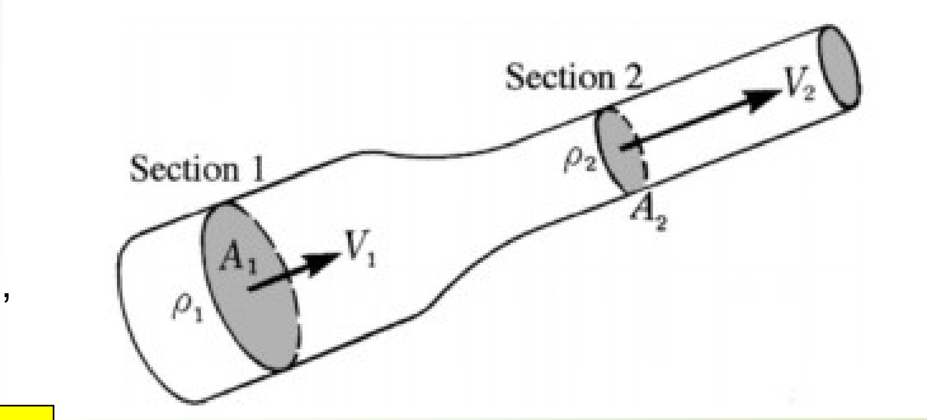
$$\rho A v = \text{constant}$$

A

- जिसमें $\rho A v$ प्रवाह का द्रव्मान है जो किसी अनुभाग से प्रति इकाइ समय मे गुजरता है ।
- जिसे mass flow rate कहते है

Continuity Equation (निरंतरता समीकरण)

$$\rho A v = \text{constant}$$



अगर तरल पदार्थ असंक्षेपणीय है तो उसका घनत्व कभी बदलेग नहीं , तो

$$A v = \text{constant}$$

B

- जिसमें Av प्रवाह का वह कद है जो किसी अनुभाग से प्रति इकाइ समय मे गुजरता है ।
- जिसे volumetric flow rate कहते है

- समीकरण A एवं B कहते है की प्रवाह बिना किसी loss या gain के continous है, इसलिये इस समीकरणों को निरंतरता समीकरण (Continuity Equation) कहा जाता है ।

Concept of Momentum
(संवेग की अवधारणा)

- **Momentum (संवेग)**

“ किसी पदार्थ के **द्रव्यमान एवं वेग के गुणन** को संवेग कहते है ।”

संवेग= द्रव्यमान x वेग

- यदि किसी rigid body का द्रव्यमान m है और वह V वेग से गति कर रहा है. तो उसका संवेग mV होगा ।
- संवेग को P से निर्देशित किय जाता है ।

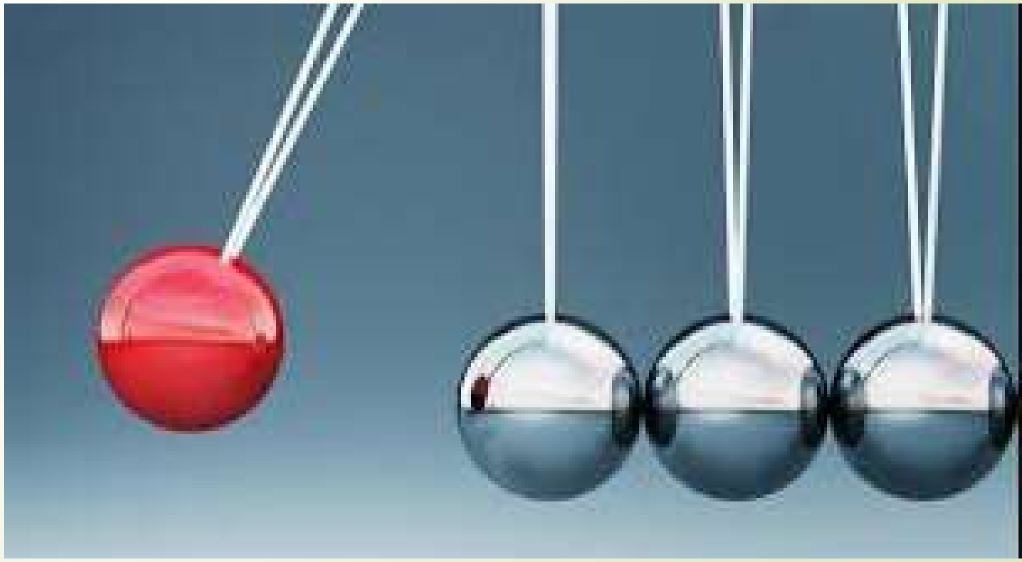
$$p = m \cdot v$$

- संवेग एक **vector मात्रा** है , मतलब की उसकी दिशा एवं परिमाण दोनों होता है ।
- SI unit – kg. m/s

Concept of Momentum
(संवेग की अवधारणा)

- **उदाहरण :-**

नीचे दिखाई गई Images मे एक Ball का संवेग दुसरे Ball मे transfer होता है



Concept of Momentum (संवेग की अवधारणा)

- **Conservation of Momentum (संवेग का संरक्षण)**

NEWTON का दुसरा नियम कह्ता है की,

" पदार्थ की संवेग के परिवर्तन की दर उस पर काम करने वाले शुद्ध बल (net force) के बराबर होती है "

$$\boldsymbol{F} = \frac{\boldsymbol{d(m.v)}}{\boldsymbol{dt}}$$

- जब पदार्थ पर काम करने वाला शुद्ध बल (net force) शुन्य होगा, तब,

→

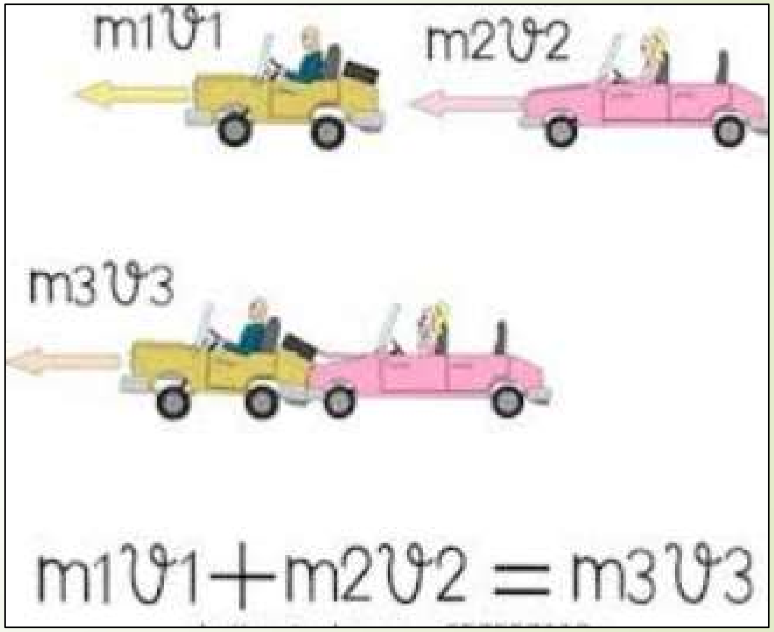
- $\frac{d(m.v)}{dt} = 0$
- **m.V = constant**

- ऐसी सिस्टम मे संवेग का संरक्षण होता है , इसे **संवेग का संरक्षण सिद्धांत** कहते है ।

Concept of Momentum (संवेग की अवधारणा)

- **Conservation of Momentum (संवेग का संरक्षण)**

उदाहरण :-

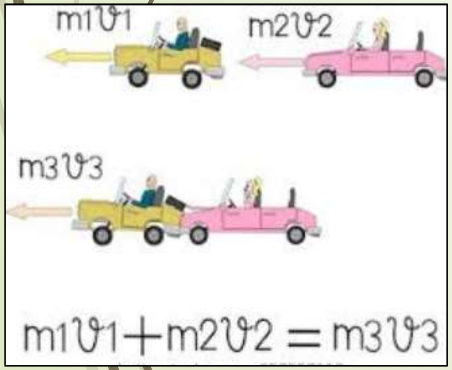


- इसमे दिखाई गई दोनो गाड़ीओ को एक सिस्टम मानें तो,

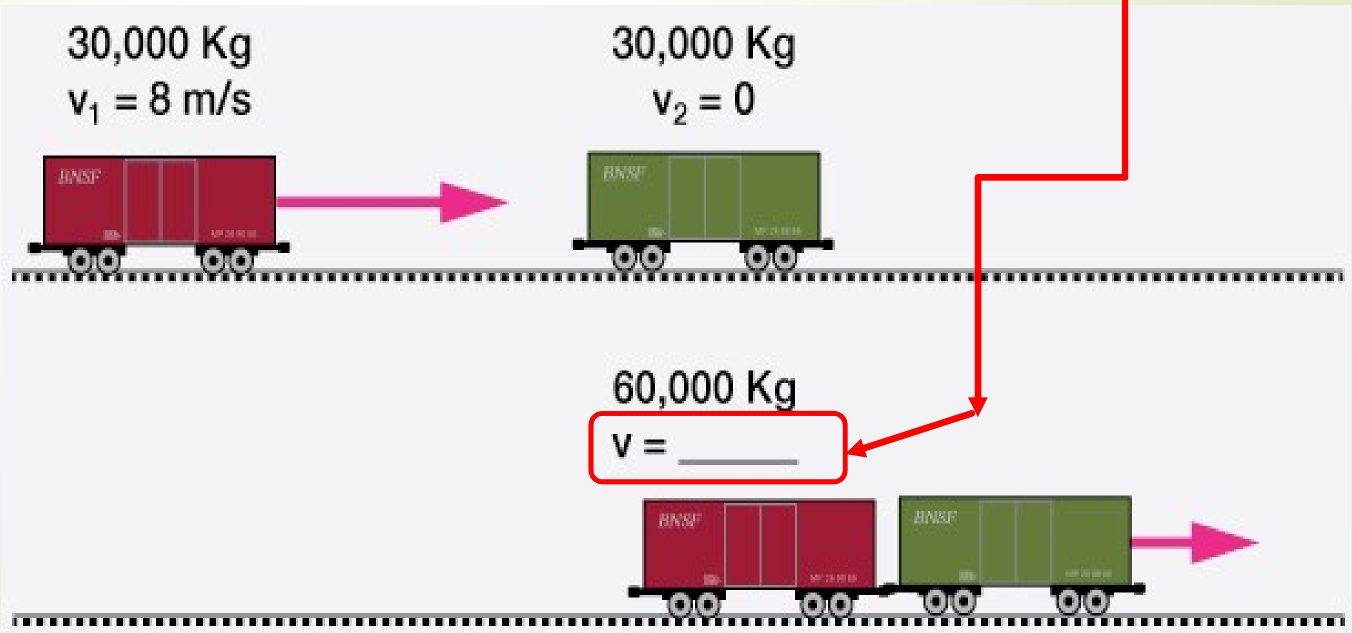
पूरी सिस्टम के टकराने से पेहले का संवेग और बाद का संवेग एकसमान होगा

Concept of Momentum
(संवेग की अवधारणा)

- **Conservation of Momentum**
  (संवेग का संरक्षण)



दोनो wagons का वेग निकाले :-



Thank You