

دانشگاه فردوسی مشهد

# عملیات مبانی و روشهای آبیاری



گروه علوم و مهندسی آب  
مجموعه آزمایشگاه ها

# WATER MEASUREMENT MANUAL

A WATER RESOURCES  
TECHNICAL PUBLICATION

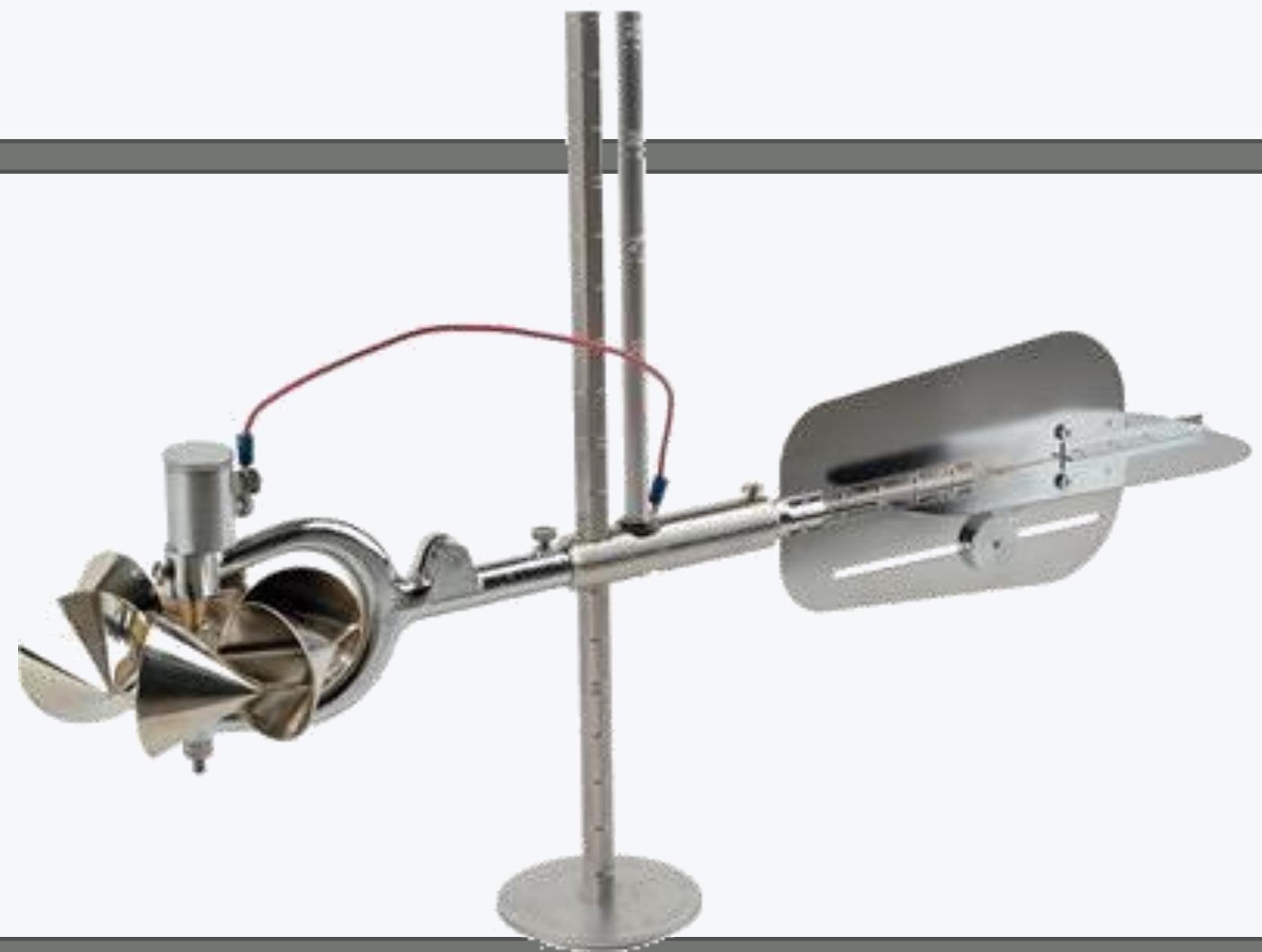
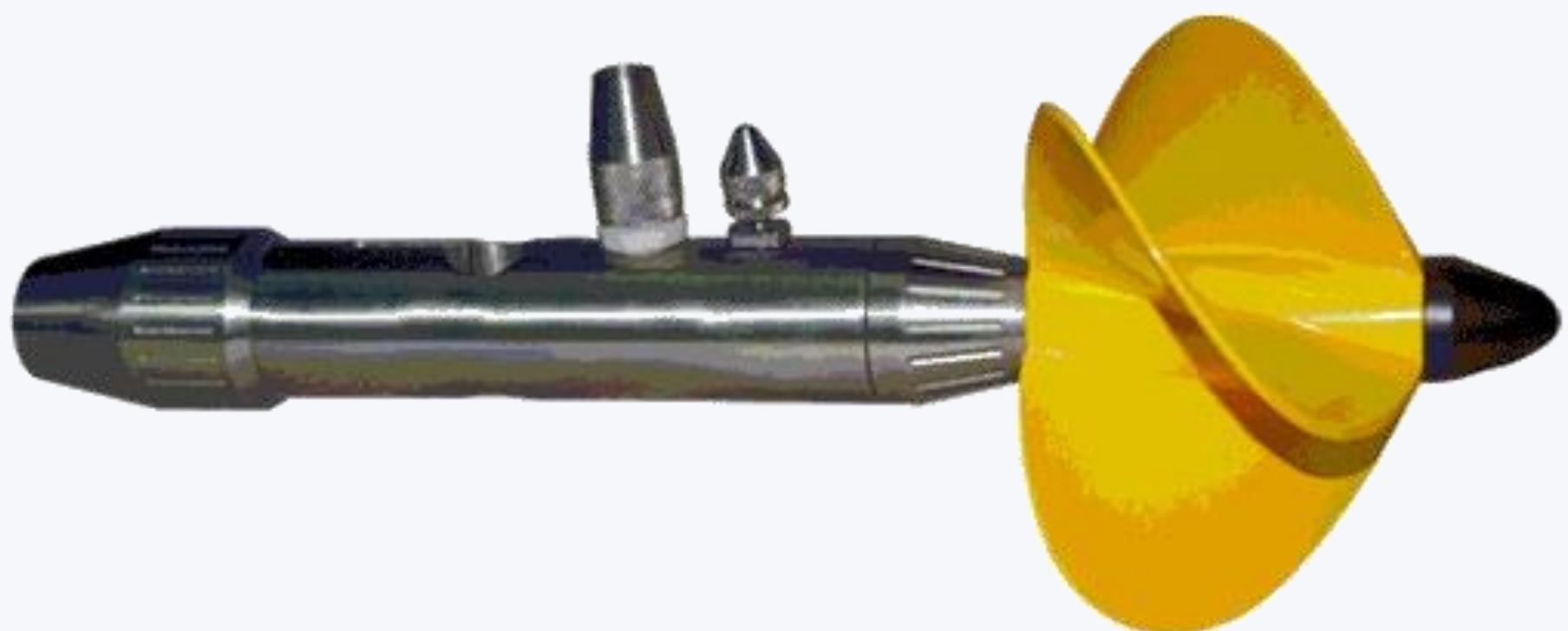
A guide to effective water measurement  
practices for better water management



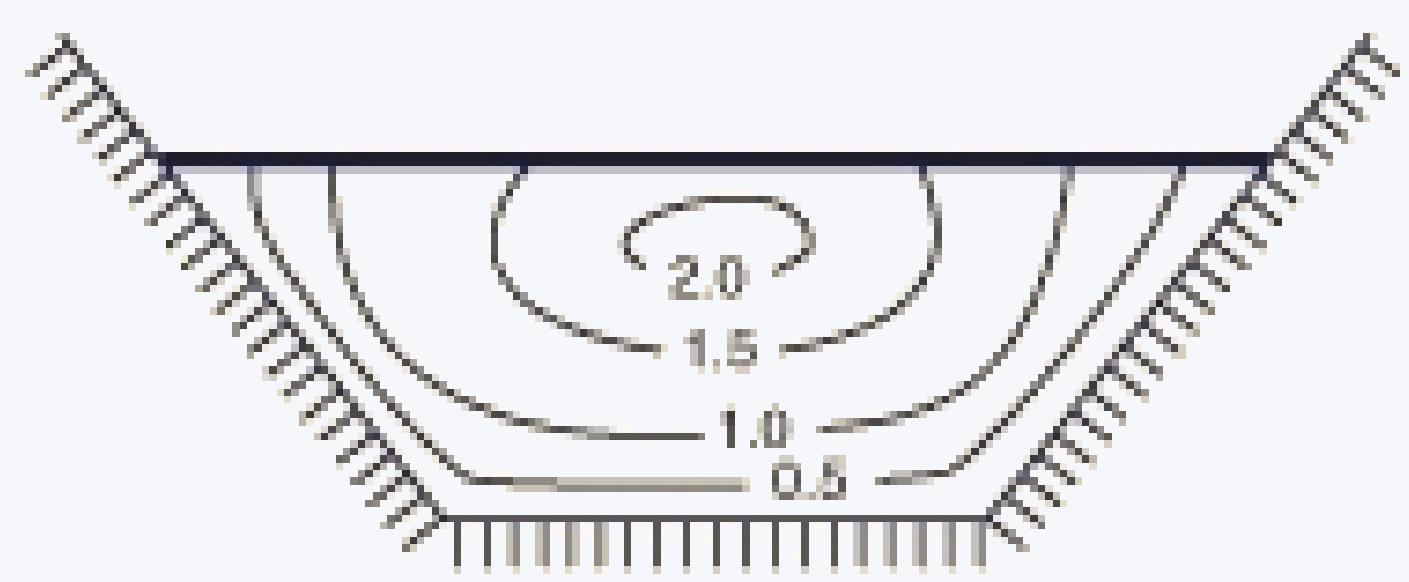
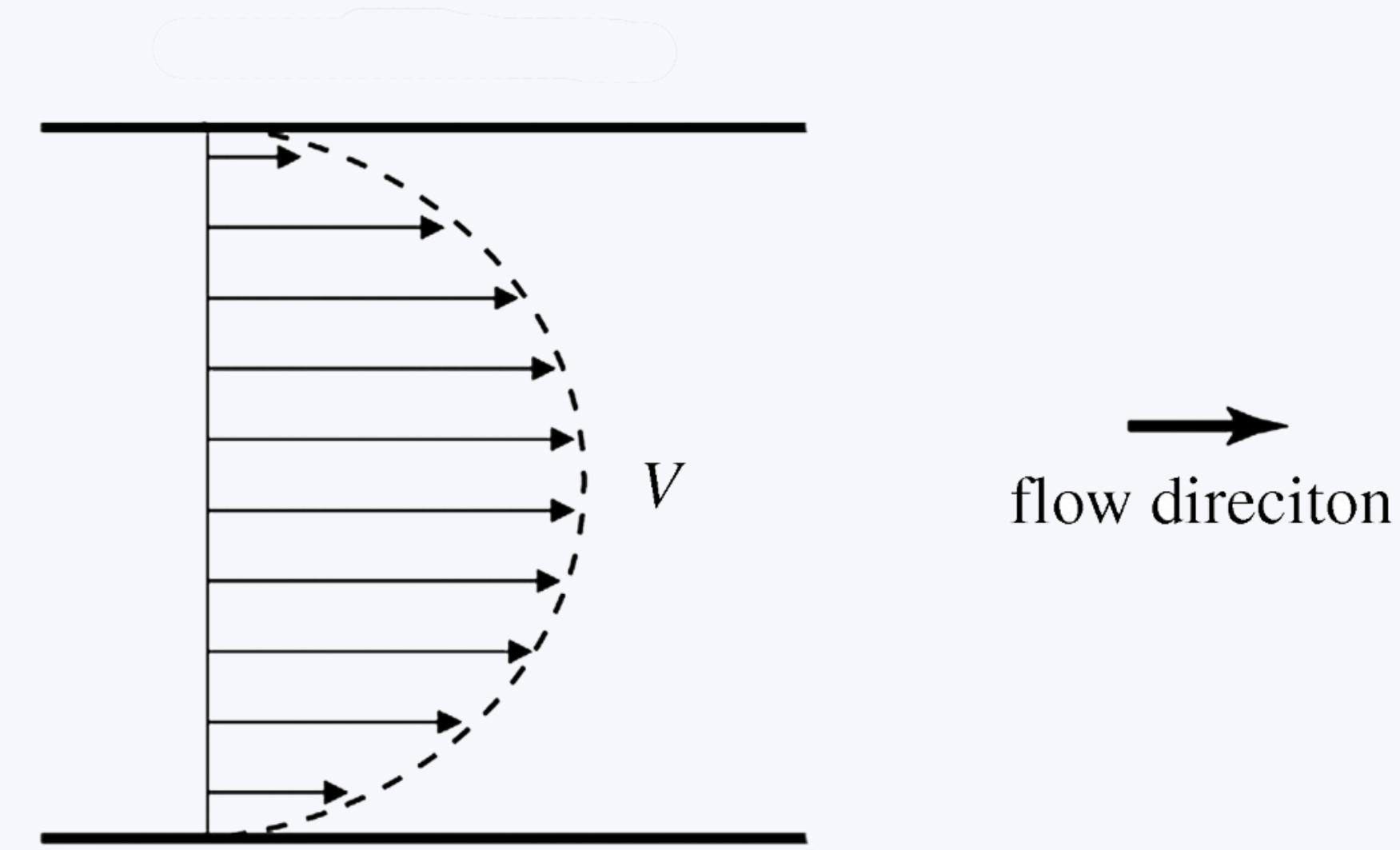
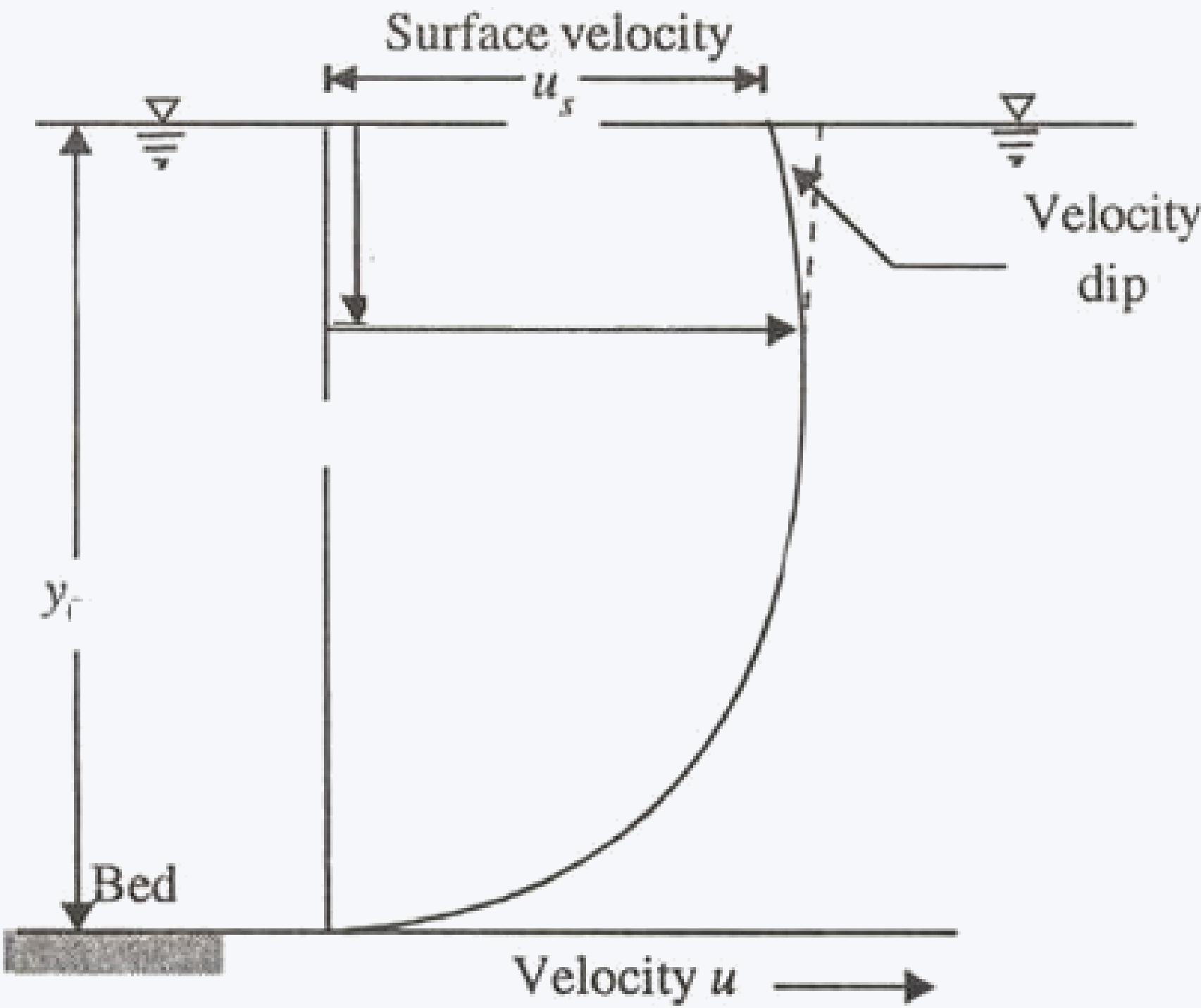
U.S. Department of the Interior  
Bureau of Reclamation  
Third edition



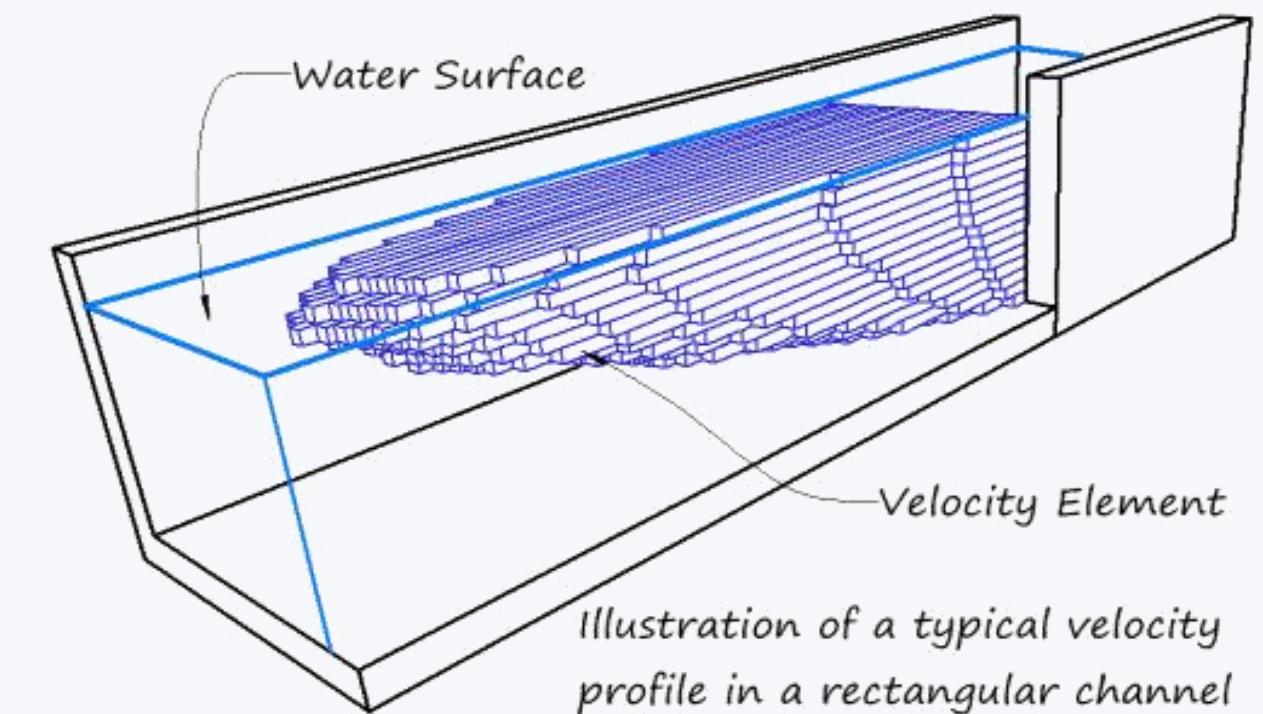
# Discharge Measurements Using Current Meter



# Theory



Trapezoidal channel



# Theory

## Classes of Current Meters

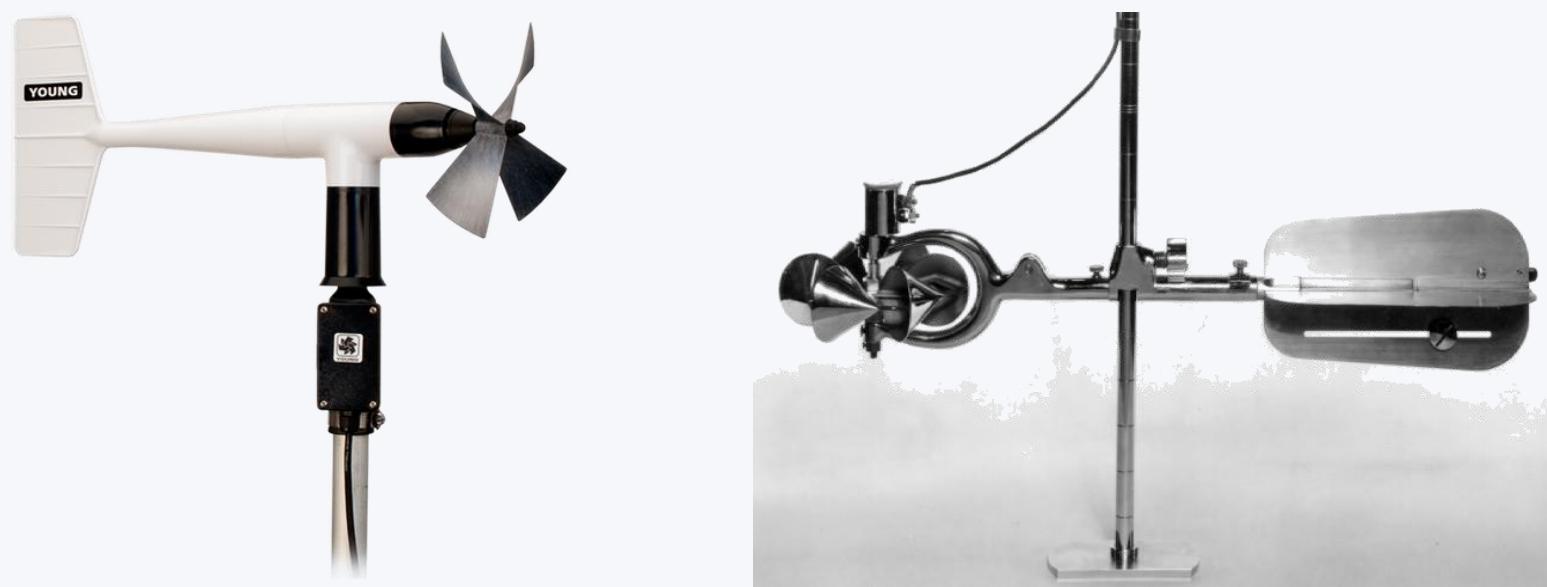
Doppler Velocity Meters



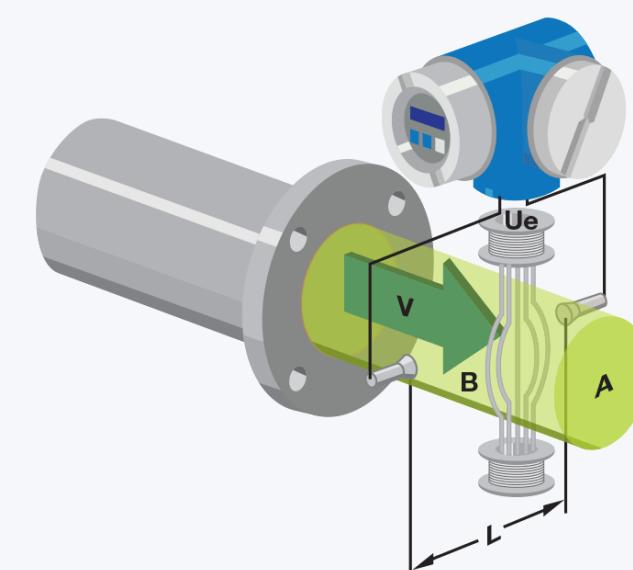
Optical Strobe Velocity Meters



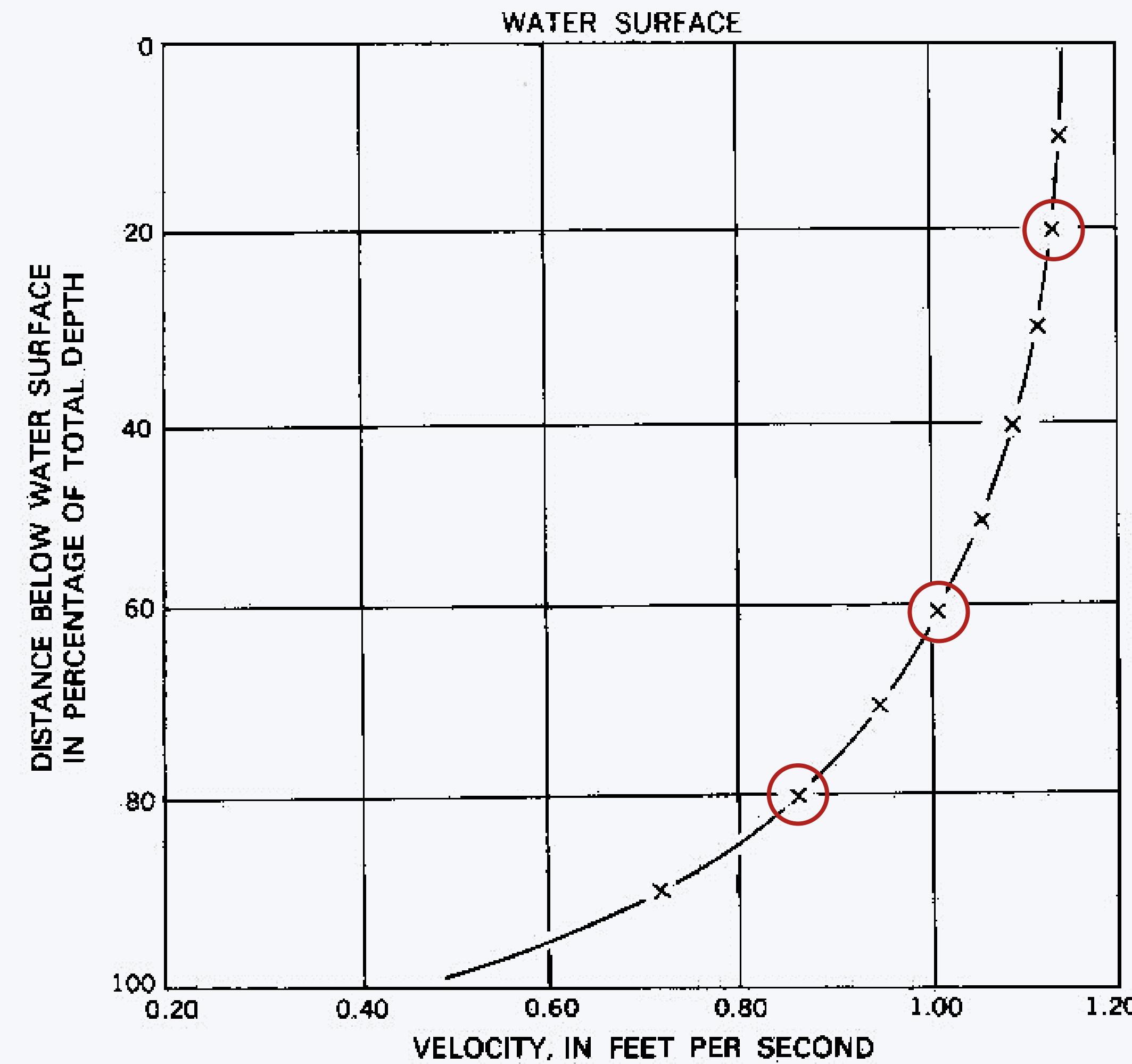
Anemometer And Propeller Velocity Meter



Electromagnetic Velocity Meters



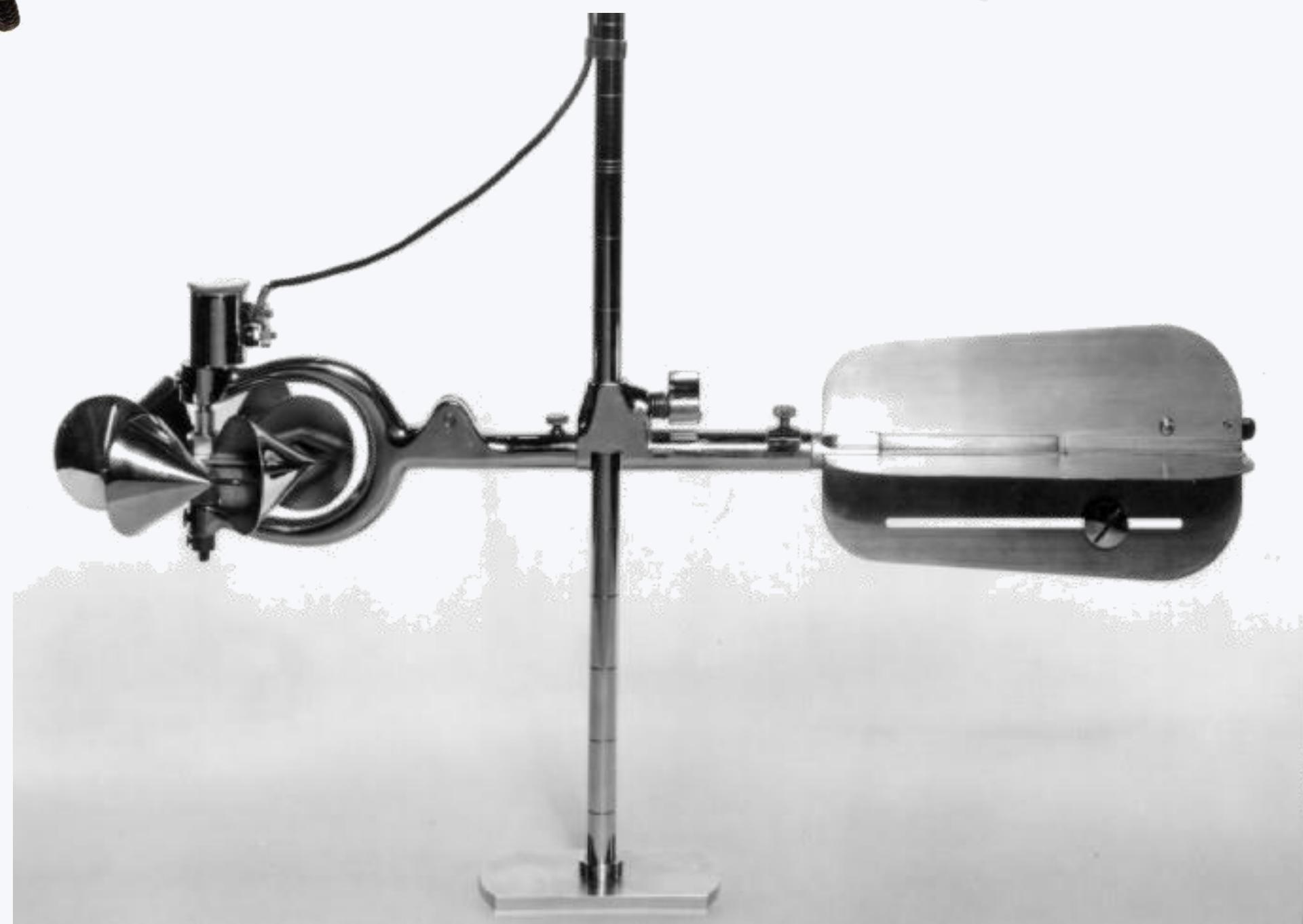
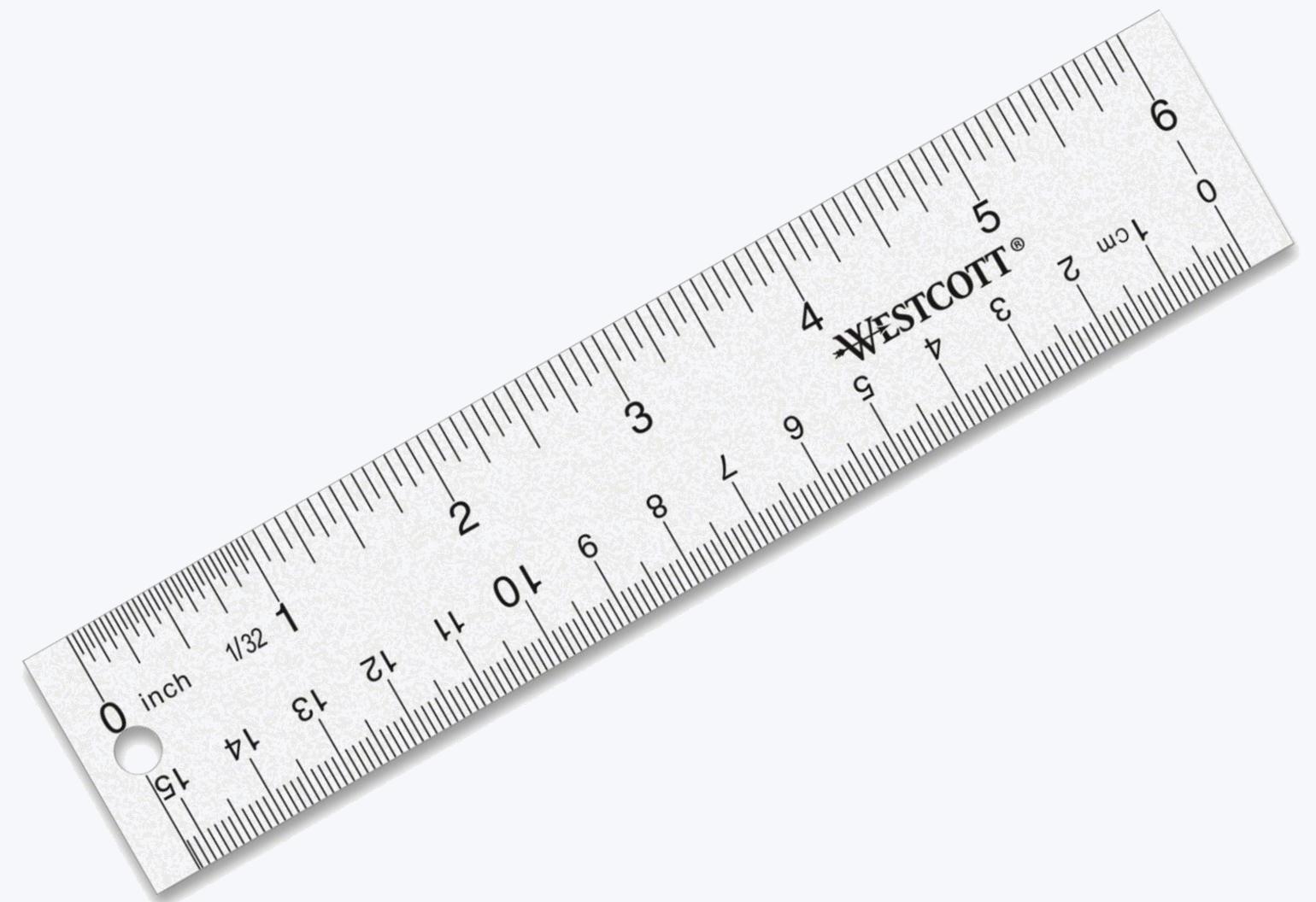
# Methods of Determining Mean Velocities



# Methods of Determining Mean Velocities

- Two-point method
  - Six-tenths-depth method
  - Vertical velocity-curve method
  - Subsurface method
  - Depth integration method
- ✓ Consists of measuring the velocity at **0.6** of the depth from the water surface.
  - ✓ Generally used for **shallow flows** where the two-point method is not applicable.
  - ✓ The method gives **satisfactory** results.

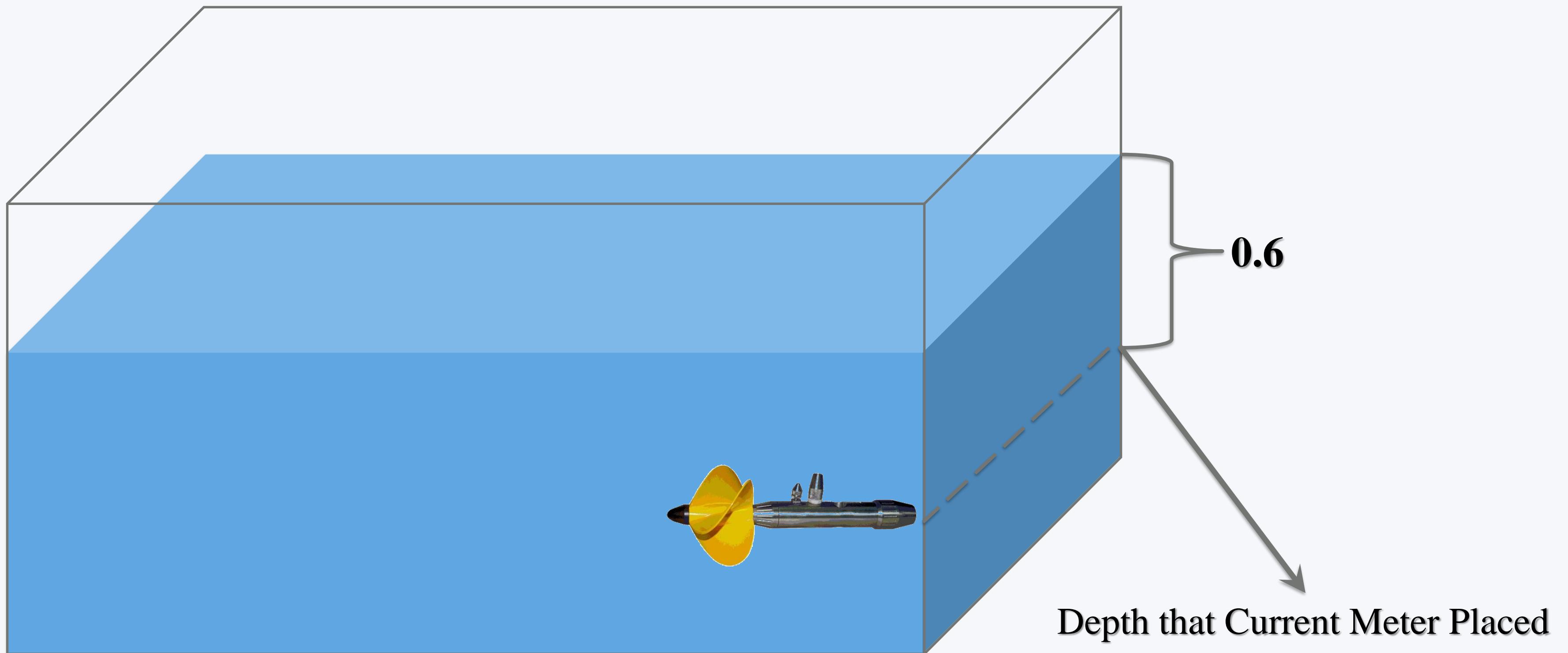
# Equipment



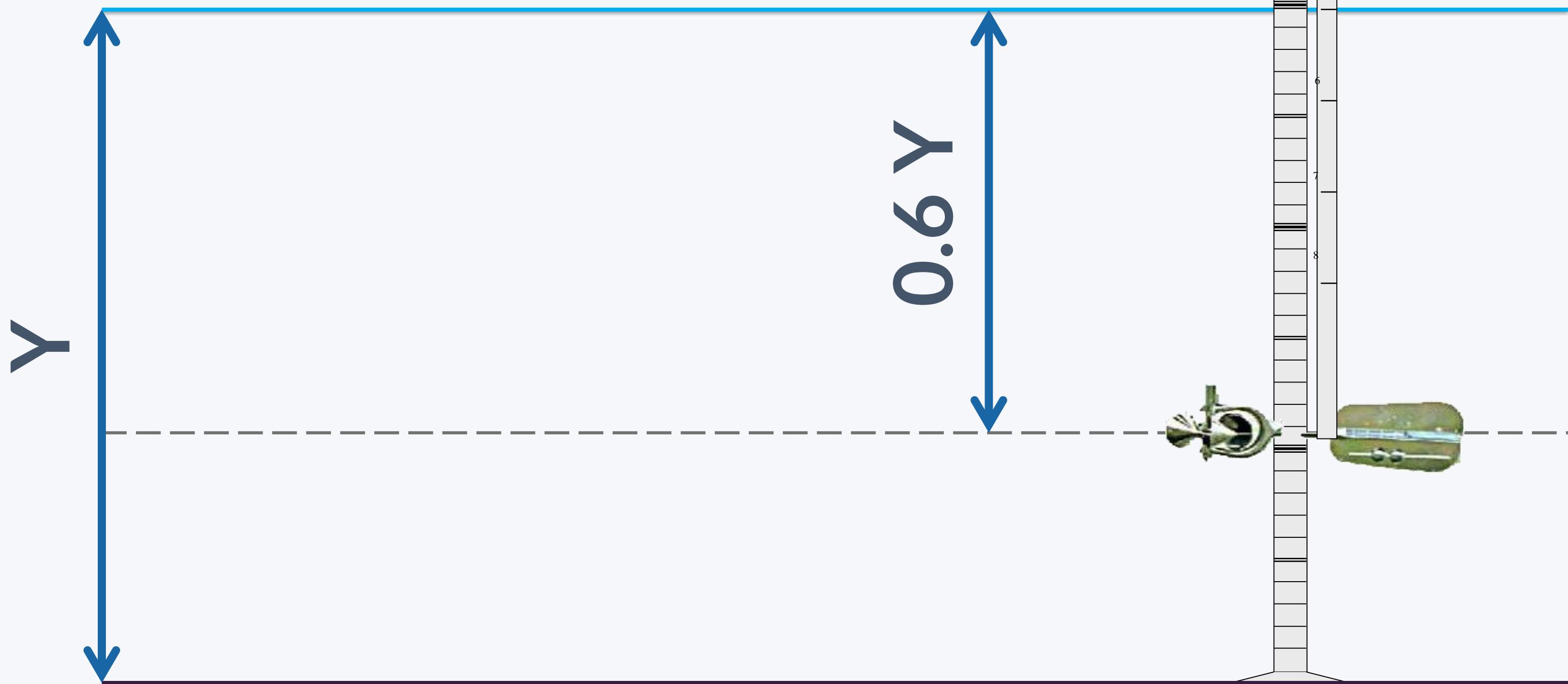
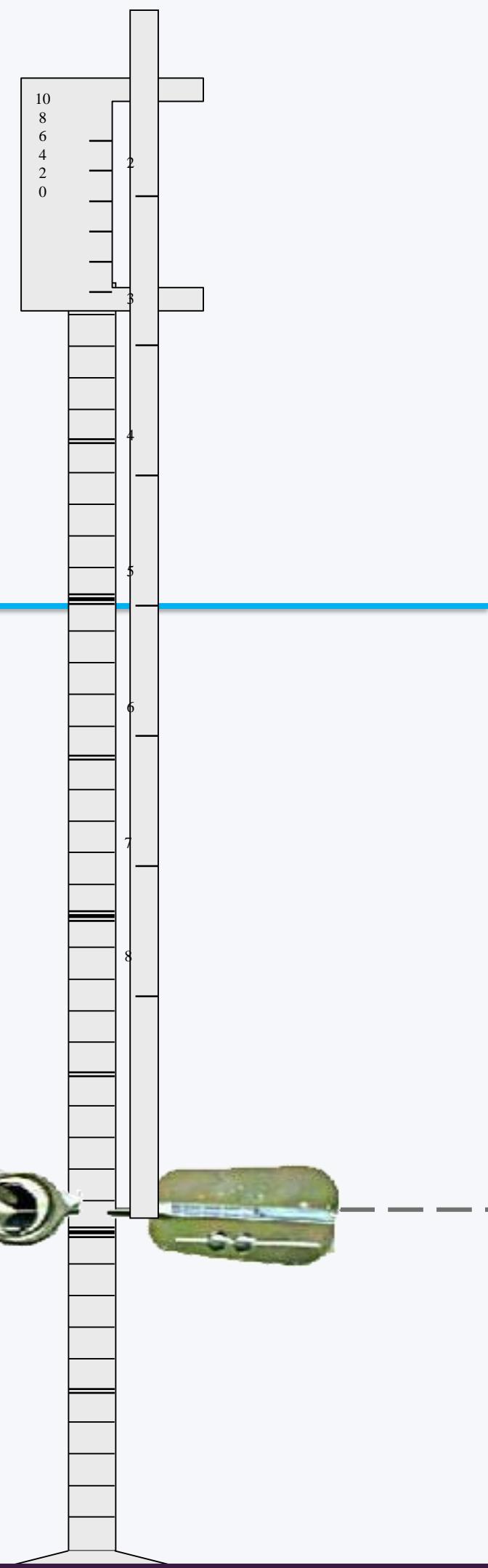
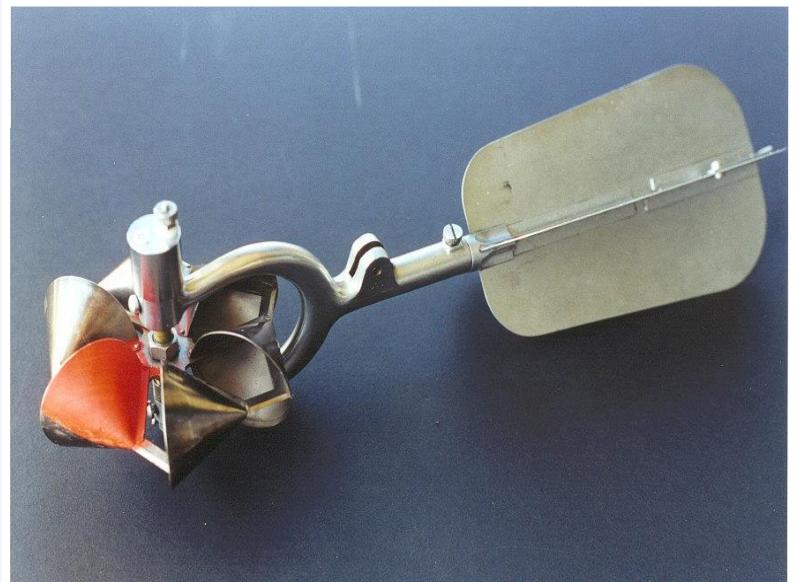


# Experimental Method

$$Q = A \times V$$



# Experimental Method



# Experimental Method

**METRIC RATING TABLE FOR No. 622 CURRENT METER**  
 VELOCITY IN METERS PER SECOND

Time in Secs	1 Rev	2 Rev	3 Rev	5 Rev	10 Rev	20 Rev	30 Rev	40 Rev	50 Rev	60 Rev	70 Rev	80 Rev	90 Rev	100 Rev	150 Rev	200 Rev	Time in Secs
40	0.027	0.046	0.064	0.094	0.177	0.344	0.52	0.680	0.84	1.018	1.189	1.356	1.527	1.695	2.542	3.389	40
41	0.027	0.046	0.061	0.091	0.174	0.335	0.500	0.664	0.826	0.994	1.161	1.323	1.490	1.655	2.481	3.307	41
42	0.027	0.043	0.061	0.091	0.171	0.326	0.488	0.649	0.808	0.969	1.134	1.292	1.454	1.615	2.423	3.228	42
43	0.027	0.043	0.061	0.086	0.165	0.320	0.475	0.634	0.789	0.948	1.106	1.262	1.420	1.579	2.368	3.152	43
44	0.027	0.043	0.058	0.085	0.162	0.314	0.466	0.619	0.771	0.927	1.082	1.231	1.397	1.542	2.313	3.078	44
45	0.027	0.043	0.058	0.085	0.158	0.308	0.457	0.607	0.756	0.905	1.058	1.204	1.356	1.509	2.252	3.008	45
46	0.027	0.043	0.058	0.085	0.155	0.302	0.448	0.594	0.741	0.884	1.033	1.190	1.325	1.475	2.213	2.941	46
47	0.024	0.043	0.055	0.082	0.152	0.296	0.439	0.582	0.725	0.866	1.012	1.155	1.298	1.445	2.167	2.880	47
48	0.024	0.043	0.055	0.079	0.149	0.290	0.430	0.570	0.710	0.847	0.991	1.131	1.271	1.414	2.121	2.819	48
49	0.024	0.040	0.055	0.079	0.146	0.283	0.421	0.558	0.695	0.829	0.969	1.105	1.247	1.384	2.075	2.761	49
50	0.024	0.040	0.052	0.079	0.143	0.277	0.411	0.546	0.680	0.814	0.951	1.085	1.222	1.356	2.033	2.710	50
51	0.040	0.052	0.076	0.140	0.274	0.402	0.533	0.668	0.799	0.933	1.064	1.198	1.329	1.993	2.658	51	
52	0.040	0.052	0.076	0.140	0.268	0.393	0.524	0.655	0.783	0.914	1.042	1.173	1.305	1.957	2.609	52	
53	0.040	0.049	0.073	0.137	0.262	0.387	0.515	0.643	0.768	0.896	1.024	1.152	1.280	1.920	2.560	53	
54	0.040	0.049	0.073	0.134	0.259	0.381	0.506	0.631	0.753	0.878	1.006	1.131	1.256	1.884	2.512	54	
55	0.040	0.049	0.073	0.131	0.253	0.375	0.497	0.619	0.741	0.863	0.988	1.109	1.234	1.850	2.466	55	
56	0.037	0.049	0.070	0.131	0.250	0.369	0.488	0.607	0.728	0.847	0.969	1.091	1.213	1.817	2.423	56	
57	0.037	0.049	0.070	0.128	0.244	0.363	0.479	0.597	0.716	0.832	0.951	1.073	1.192	1.786	2.360	57	
58	0.037	0.046	0.067	0.125	0.241	0.357	0.469	0.588	0.704	0.817	0.936	1.055	1.170	1.756	2.341	58	
59	0.037	0.046	0.067	0.125	0.238	0.351	0.460	0.579	0.692	0.802	0.920	1.036	1.149	1.725	2.301	59	
60	0.037	0.046	0.067	0.122	0.235	0.344	0.451	0.570	0.680	0.789	0.905	1.018	1.131	1.693	2.252	60	
61	0.037	0.046	0.067	0.119	0.229	0.338	0.445	0.561	0.668	0.777	0.890	1.003	1.113	1.667	2.225	61	
62	0.034	0.045	0.064	0.119	0.226	0.332	0.439	0.552	0.658	0.765	0.875	0.988	1.094	1.640	2.188	62	
63	0.034	0.043	0.064	0.116	0.223	0.326	0.433	0.543	0.649	0.753	0.860	0.972	1.076	1.615	2.155	63	
64	0.034	0.043	0.064	0.116	0.219	0.320	0.427	0.533	0.640	0.741	0.844	0.957	1.061	1.591	2.121	64	
65	0.034	0.043	0.061	0.113	0.216	0.314	0.421	0.524	0.631	0.728	0.832	0.942	1.045	1.567	2.089	65	
66	0.034	0.043	0.061	0.113	0.213	0.311	0.415	0.515	0.622	0.716	0.820	0.927	1.030	1.542	2.057	66	
67	0.034	0.043	0.061	0.110	0.210	0.308	0.408	0.506	0.613	0.707	0.808	0.911	1.015	1.518	2.027	67	
68	0.034	0.043	0.061	0.110	0.207	0.305	0.402	0.500	0.604	0.700	0.796	0.899	1.000	1.497	1.996	68	
69	0.034	0.040	0.058	0.107	0.204	0.302	0.396	0.494	0.594	0.689	0.783	0.887	0.985	1.475	1.966	69	
70	0.034	0.040	0.058	0.107	0.201	0.299	0.390	0.488	0.585	0.680	0.771	0.875	0.969	1.454	1.939	70	

This table applies when measurements are made with meter suspended by cable. When measurements are made with meter suspended by rod, reduce the tabular velocities by 2 per cent.

# Experimental Method

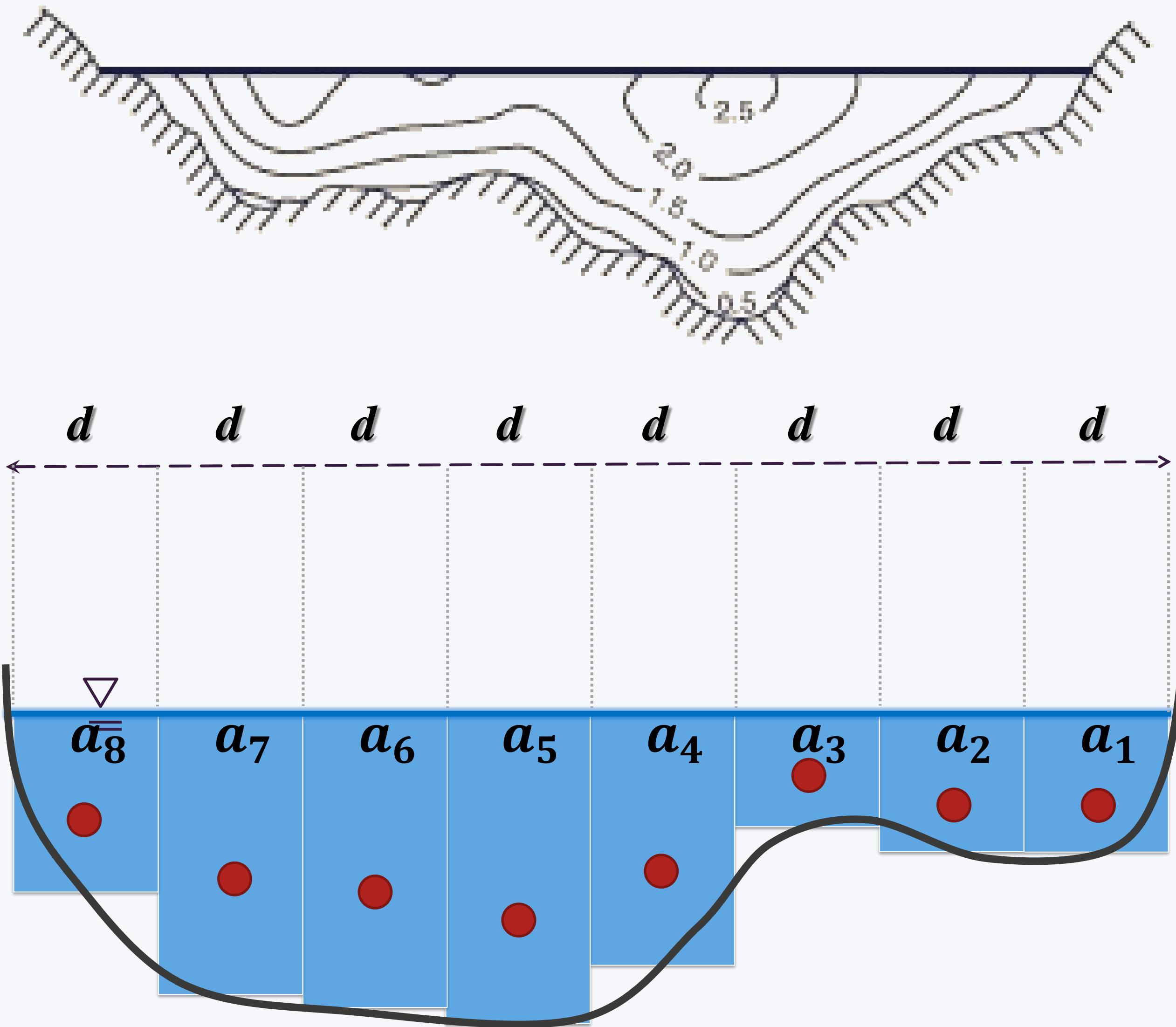
## Equations for Standard Rating Tables



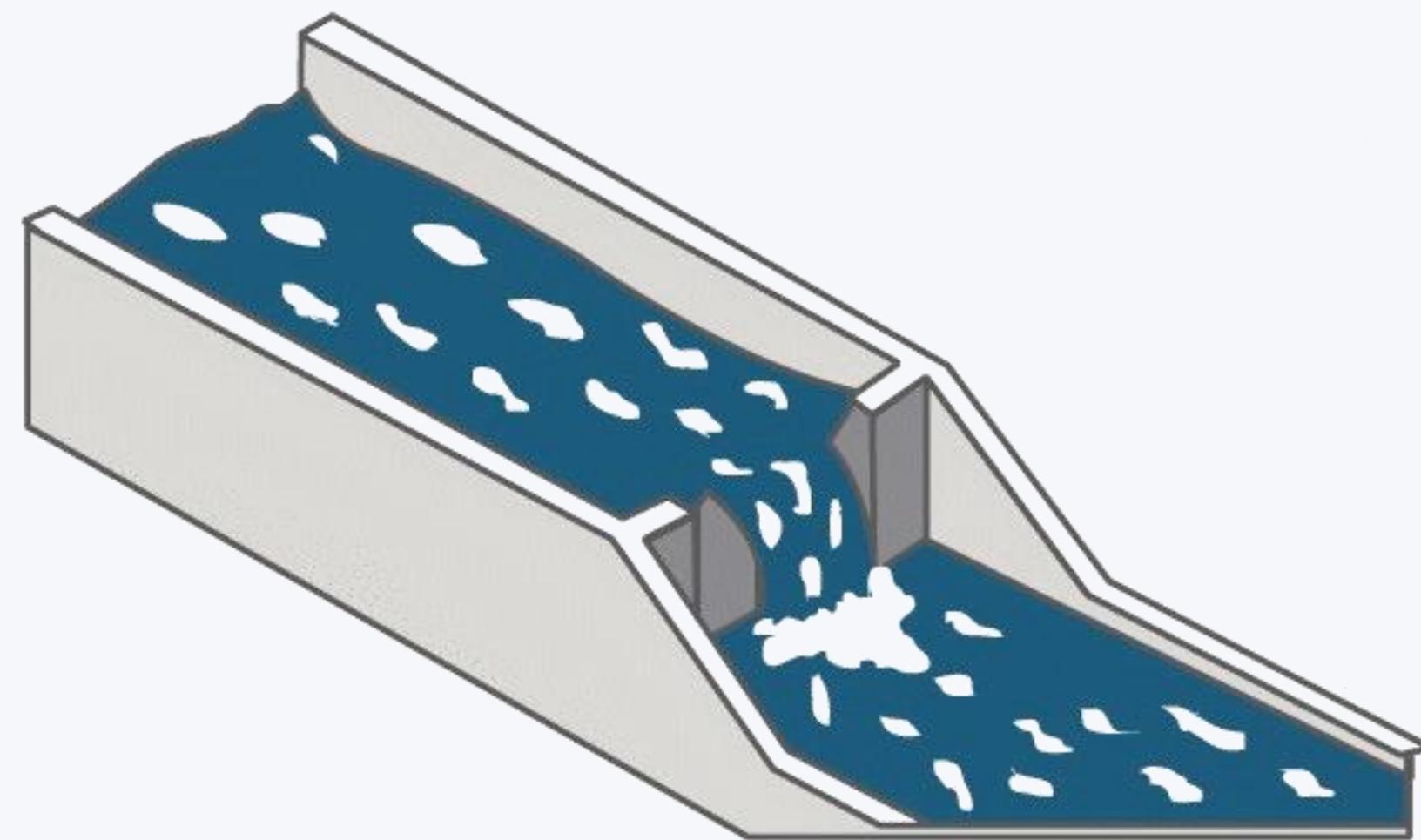
$$V = aR + b$$

R = Revolutions per Second

# Experimental Method



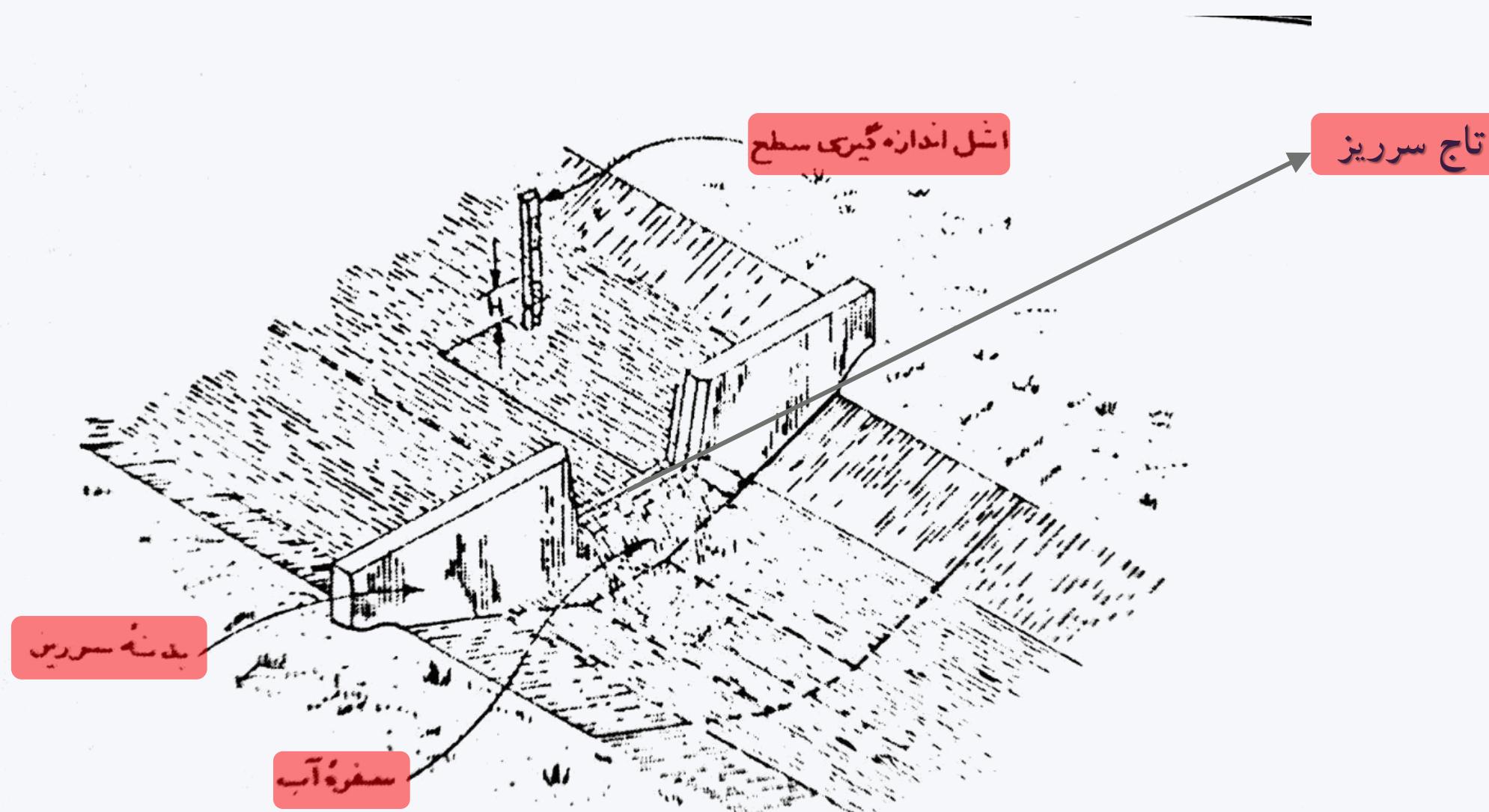
# Measurements in Open Channels Using Weirs



# Introduction

The **weir** is one of the **oldest** structures used to **measure** the flow of water in **open**.

A **measuring weir** is simply an overflow structure built perpendicular to an open channel axis to measure the rate of flow of water.



اجزاء سریزها

بدنه سریز

تاج سریز

اصل اندازه گیری

# Introduction



# Pros & Cons

## معایب:

- ۱- نست به دیگر وسایل اندازه‌گیری افت بار نسبتاً زیادی را به شبکه تحمیل می‌کند.
- ۲- ورودی سرریز باید مداوماً تمیز گردد و عاری از رسوب و علف‌های هرز باشد.
- ۳- به آسانی می‌تواند تنظیم آن را به هم زد و سهم بیشتری از آب را به خود اختصاص داد.
- ۴- در مورد سرریزهای متحرک مقداری نشت در اطراف سرریز وجود خواهد داشت.

## محاسن:

- ۱- قادر است در محدوده‌ای وسیع از جریان اندازه‌گیری را با دقت کامل انجام دهد.
- ۲- سادگی کار، ساختمان و نصب
- ۳- به صورت ترکیبی با آبگیرها ساخته می‌شود.
- ۴- با سازه‌های تقسیم آب به کار گرفته شود.
- ۵- علاوه بر حالت ثابت می‌تواند متحرک یا قابل تنظیم نیز باشد.

# Theory

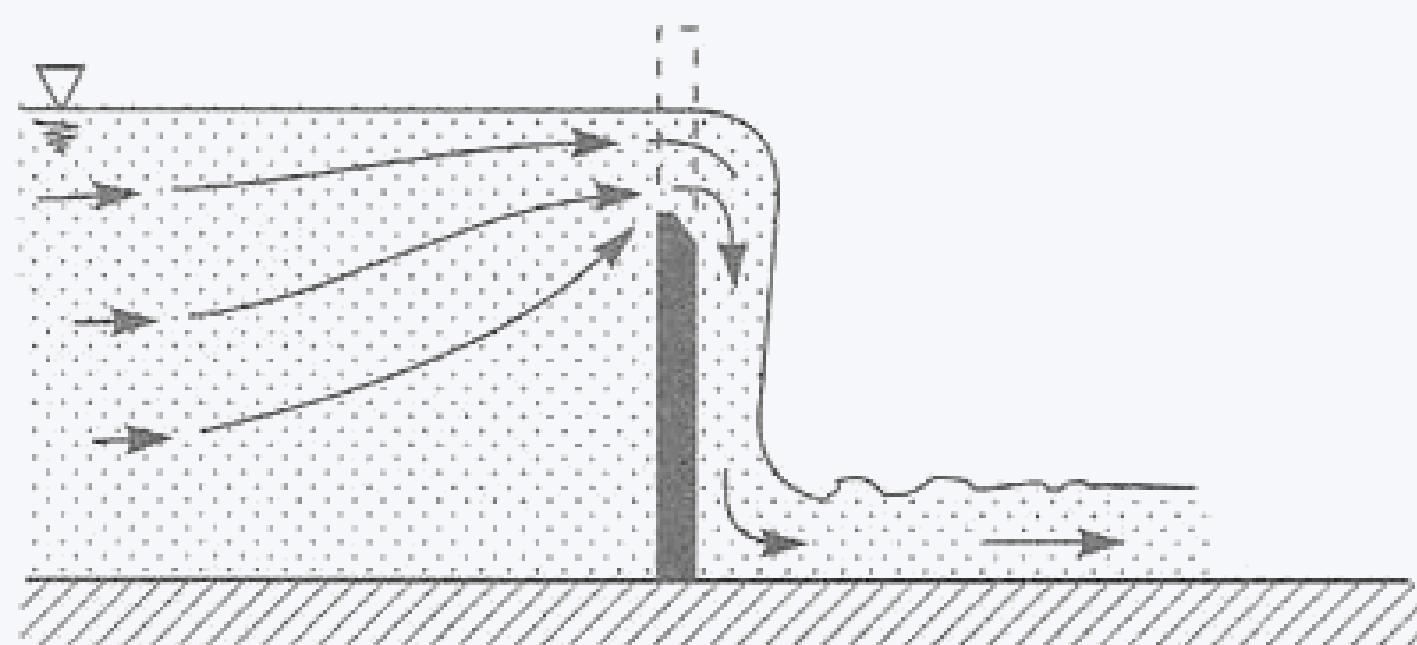
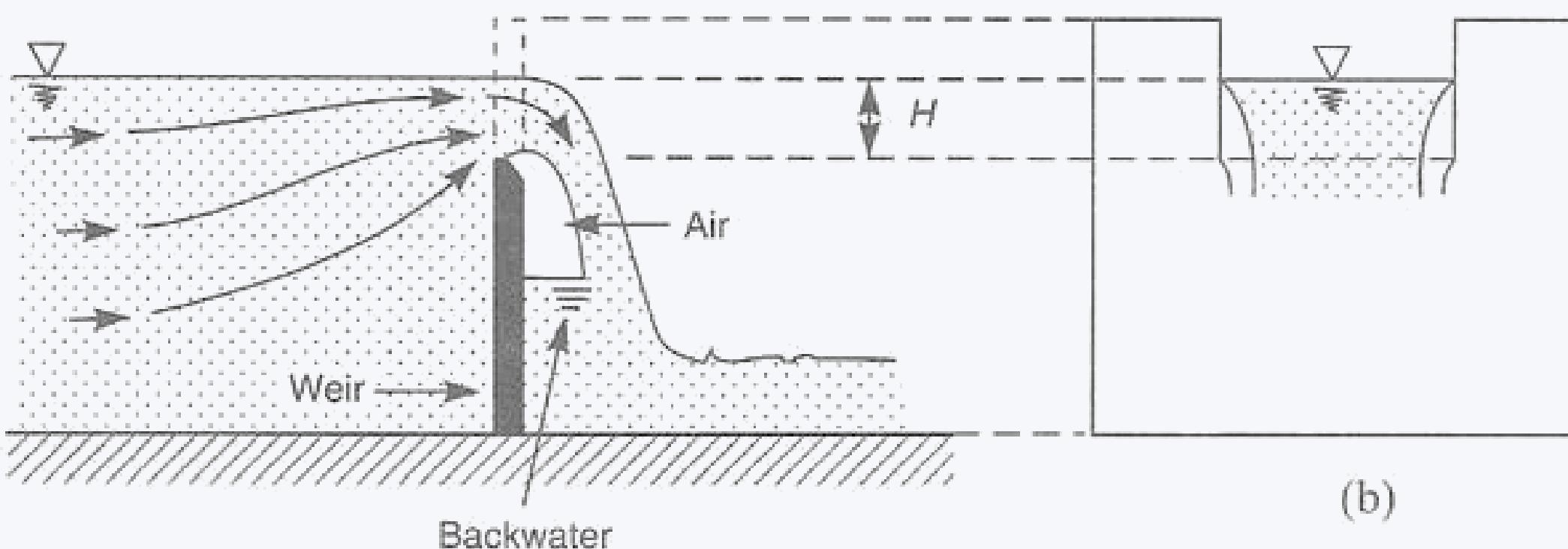
سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

۲- ضخامت تاج سرریز

۳- فشردگی یا عدم فشردگی جریان

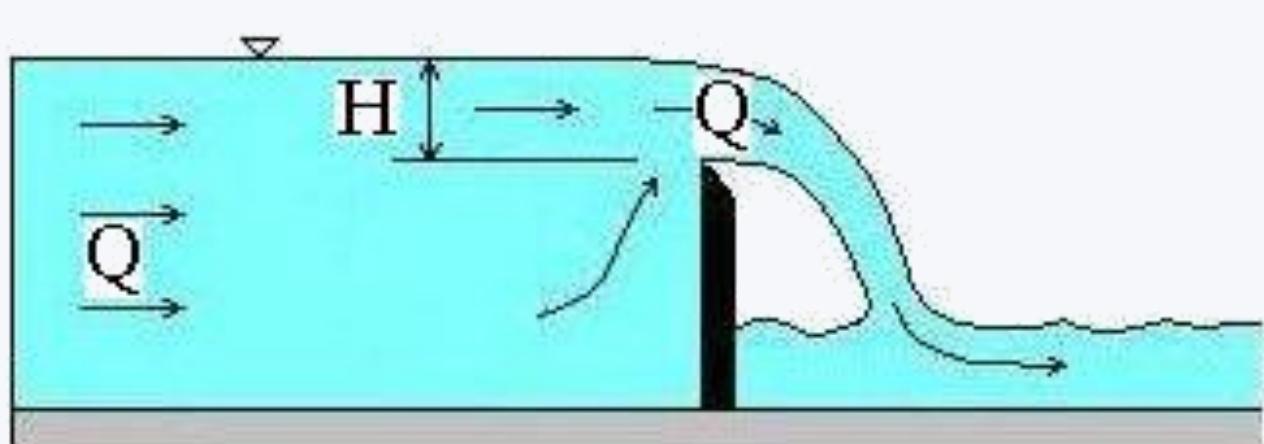
۴- شکل سرریز



# Theory

سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

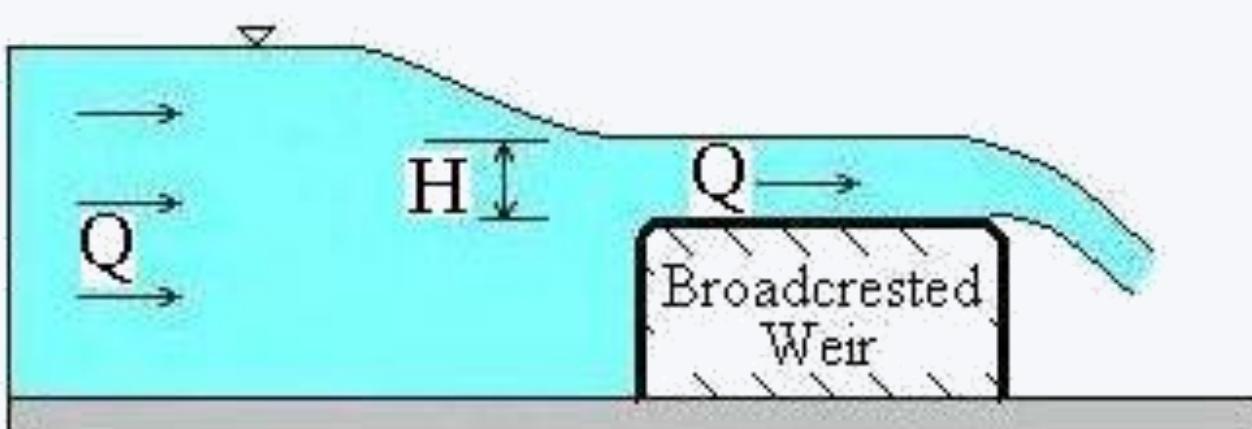


Flow Over a Sharp Crested Weir

۲- خصامت تاج سرریز

۳- فشندگی یا عدم فشندگی جریان

۴- شکل سرریز



Flow Over a Broad Crested Weir

# Theory

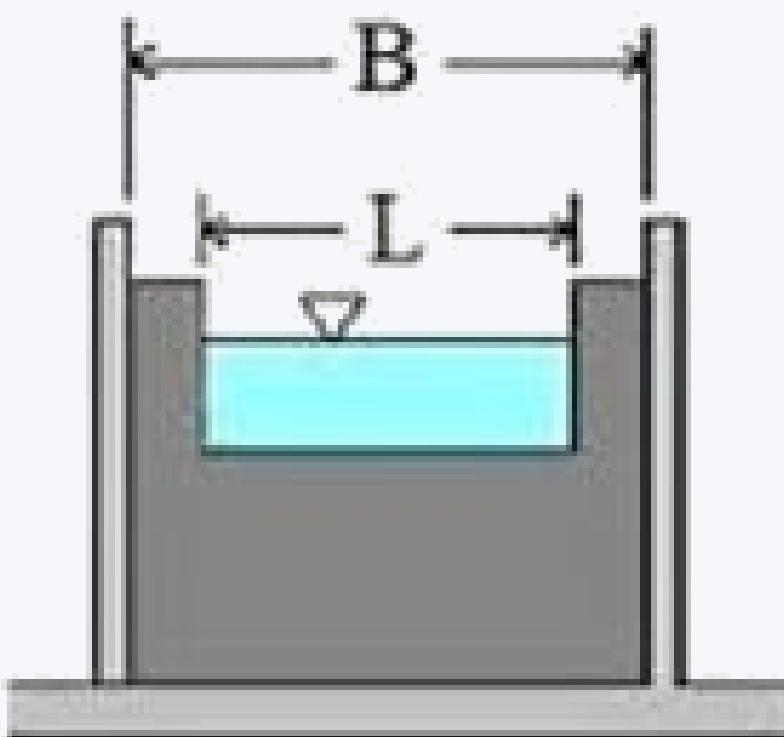
سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

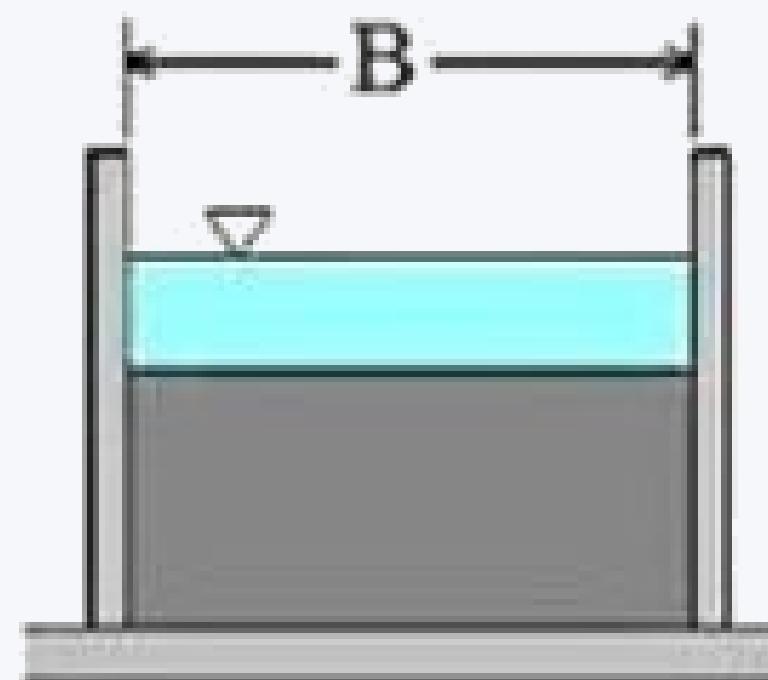
۲- ضخامت تاج سرریز

۳- فشردگی یا عدم فشردگی جریان

۴- شکل سرریز



contracted rectangular  
weir ( $L < B$ )



suppressed rectangular  
weir ( $L = B$ )

# Theory

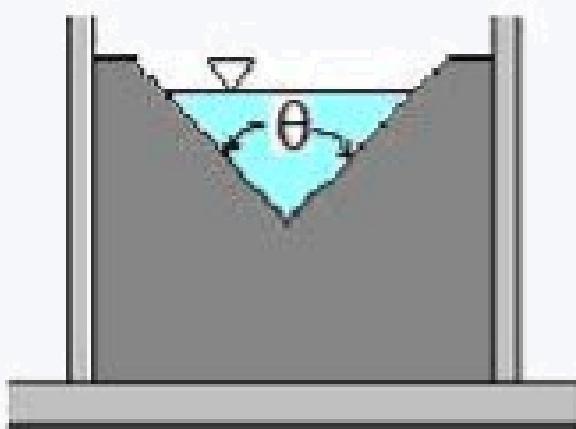
سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

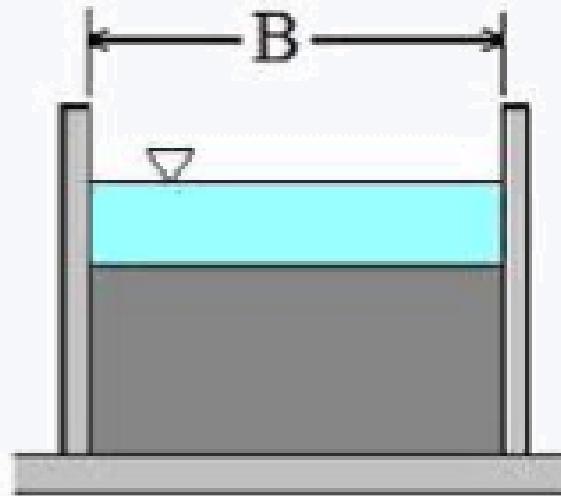
۲- ضخامت تاج سرریز

۳- فشردگی یا عدم فشردگی جریان

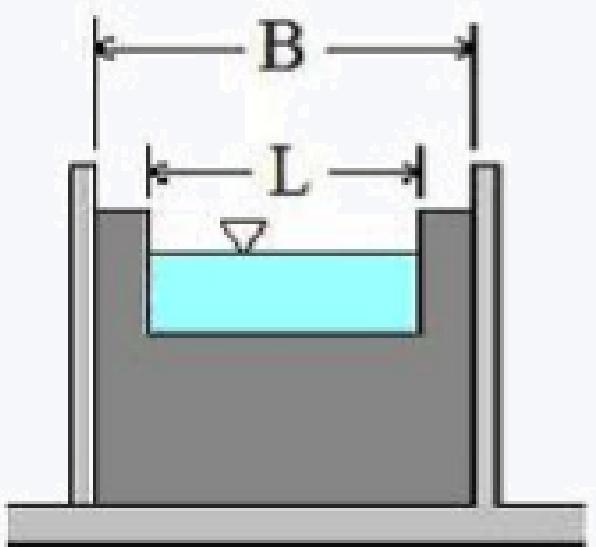
۴- شکل سرریز



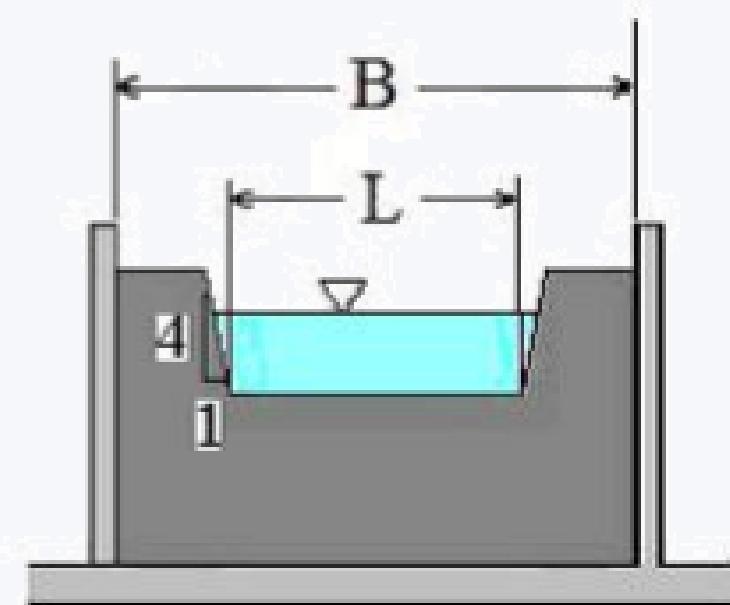
(a) V-notch



(b) suppressed rectangular

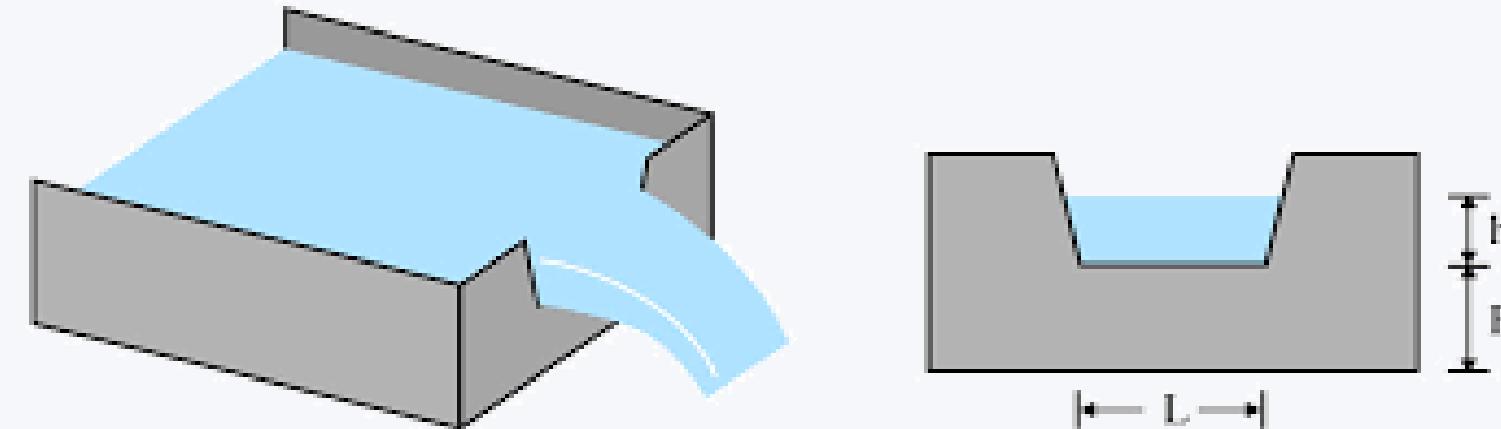


(c) contracted rectangular

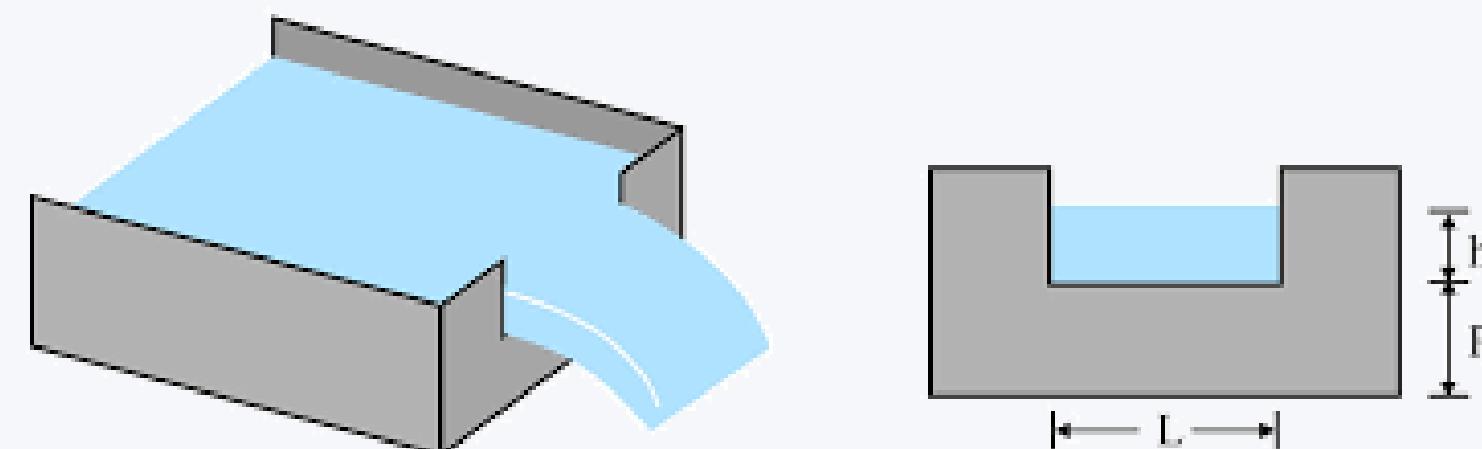


(d) cipolletti

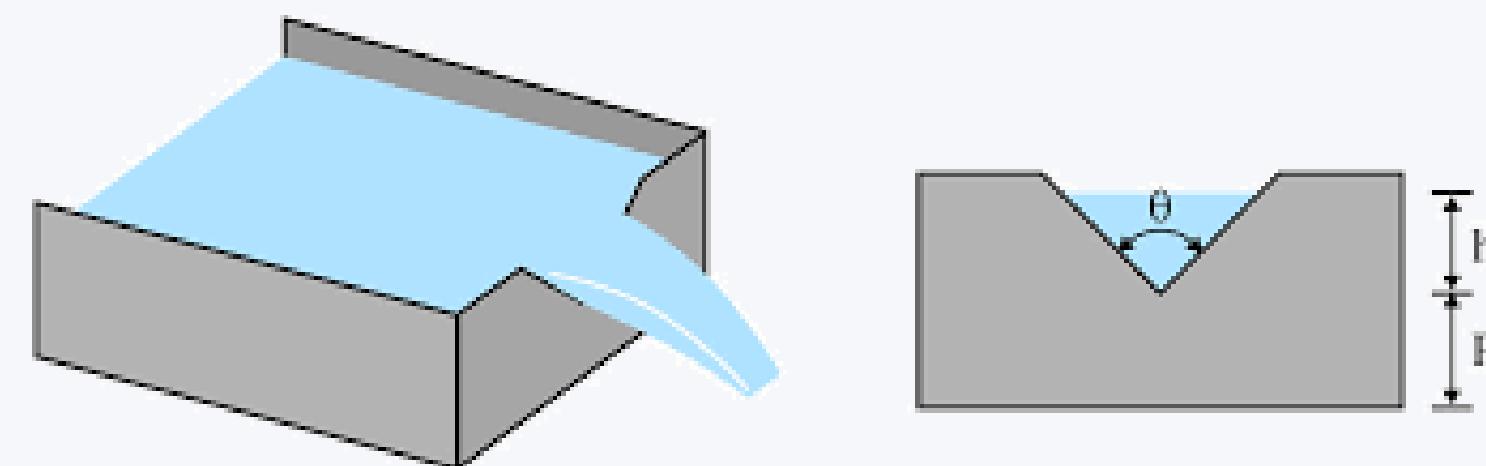
# Theory



Cipolletti Weir

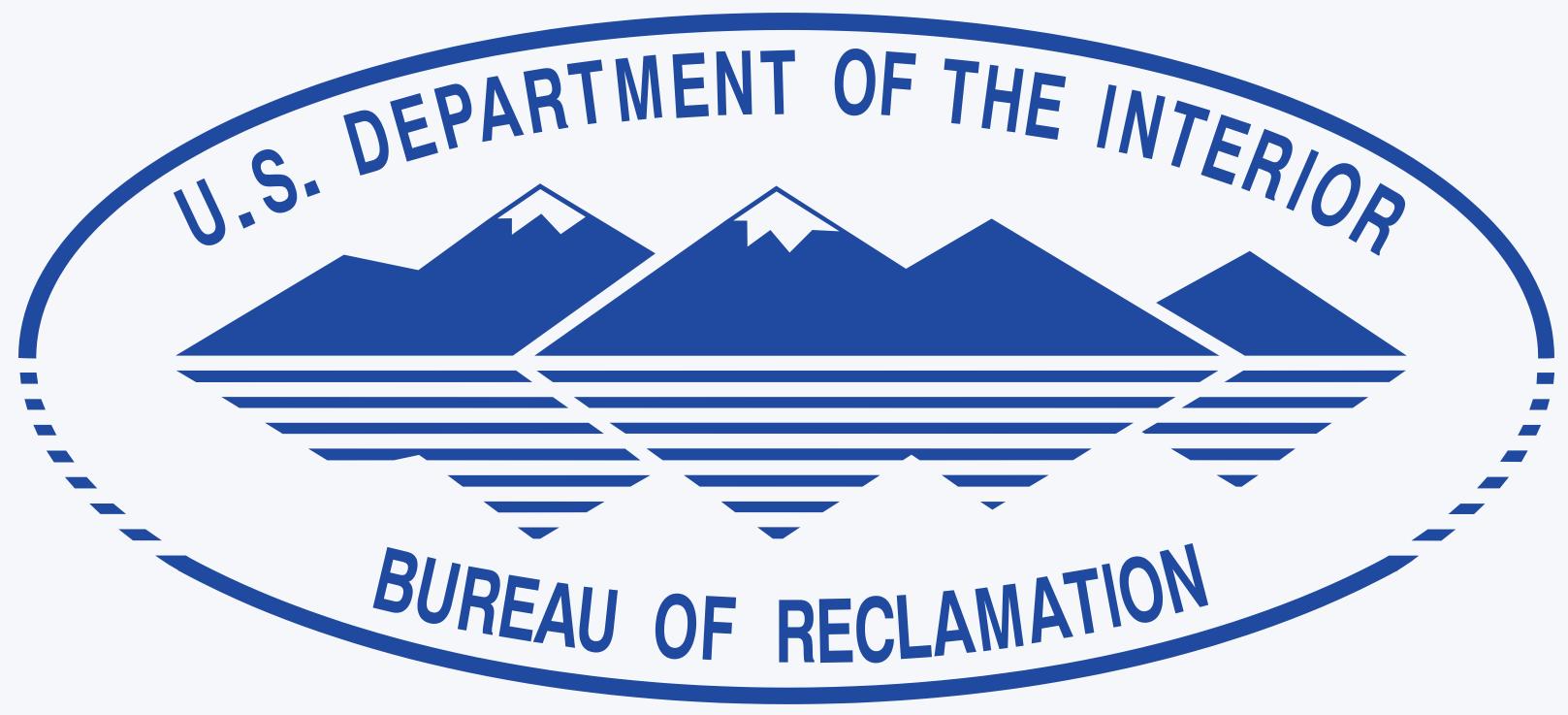


Rectangular Weir



V-Notch Weir

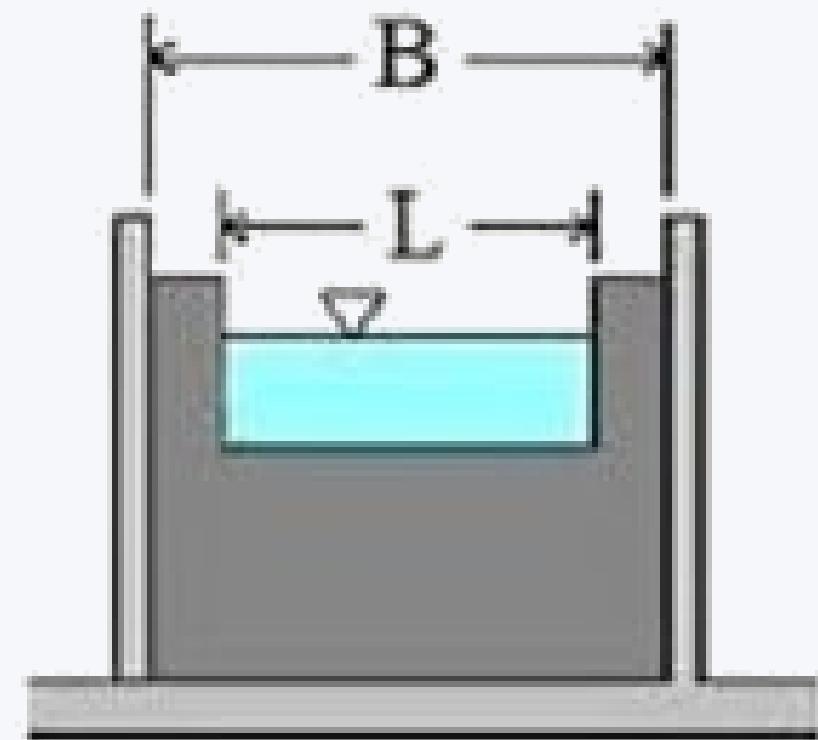
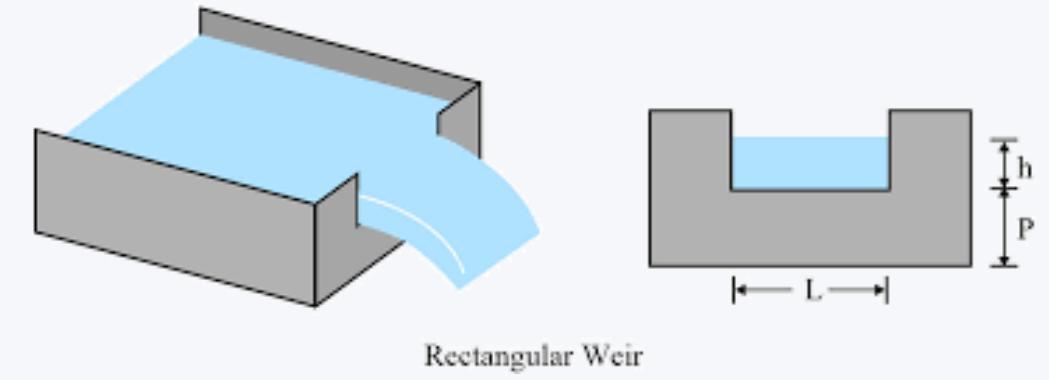
# Theory



BRITISH  
STANDARDS

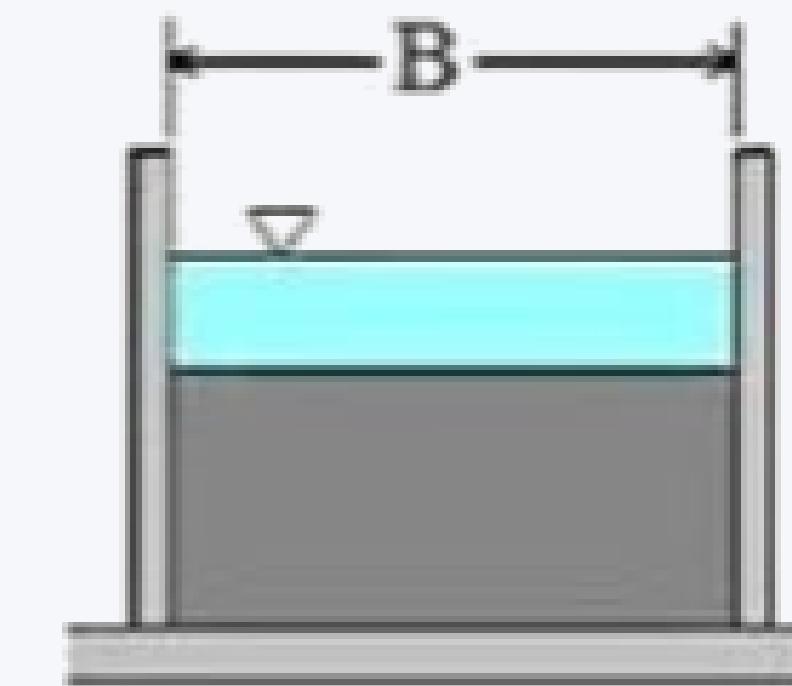


# Theory



contracted rectangular  
weir ( $L < B$ )

$$Q = 0.838 \cdot (b - 0.2h) \cdot h^{1.5}$$



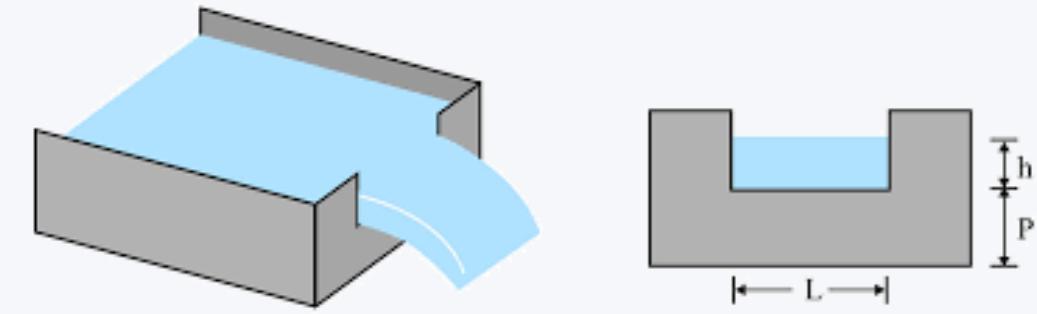
suppressed rectangular  
weir ( $L = B$ )

$$Q = 1.838 \cdot b \cdot h^{1.5}$$



BRITISH  
STANDARDS

# Theory



Rectangular Weir

این رابطه از دقت زیادی برخوردار است و کلیه حالت‌های فشردگی و عدم‌فشردگی را نیز در بر می‌گیرد:

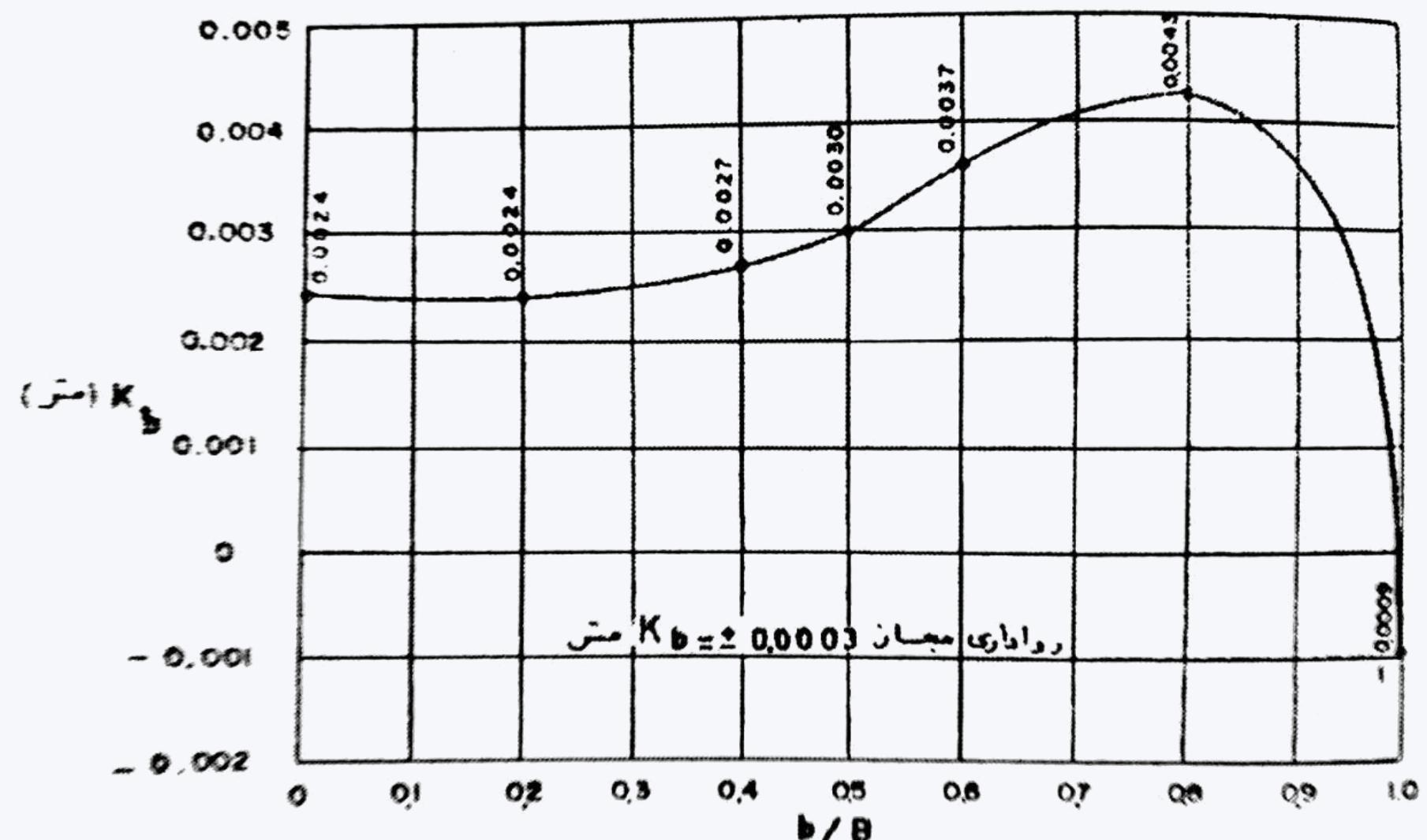
$$Q = C_e \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2gb_e} \cdot h_e^{1.5}$$

$$b_e = b + k_b$$

$$h_e = h + k_h$$

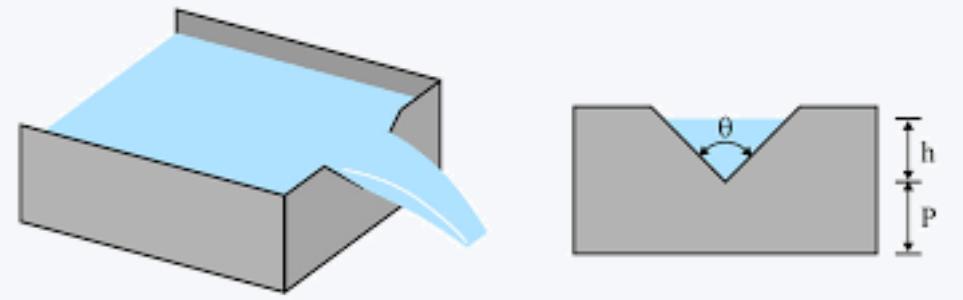
$b/B$	$C_e$
1.0	.602 + .075 $h/P$
.9	.599 + .064 $h/P$
.8	.597 + .045 $h/P$
.7	.595 + .030 $h/P$
.6	.593 + .018 $h/P$
.5	.592 + .011 $h/P$
.4	.591 + .0058 $h/P$
.3	.590 + .0020 $h/P$
.2	.589 - .0018 $h/P$
.1	.588 - .0021 $h/P$
0	.587 - .0023 $h/P$

مقدار  $k_h$  برای کلیه مقادیر  $\frac{b}{B}$  برابر با ۱٪ توصیه می‌شود و  
مقدار  $k_b$  از گراف زیر قرائت می‌شود:





# Theory



V-Notch Weir

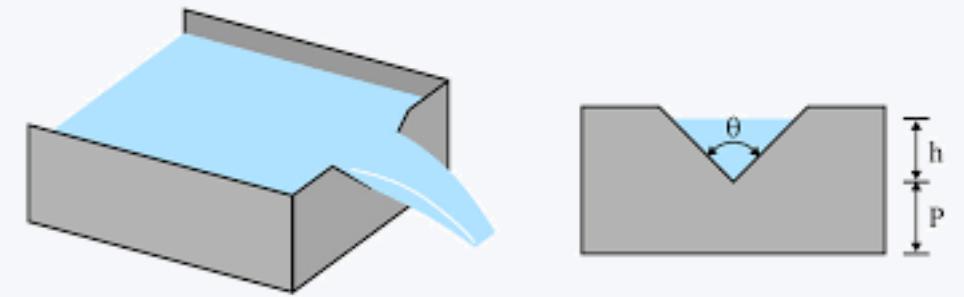
- ✓ این رابطه برای سرریزهای مثلثی با زاویه ۹۰ درجه قابل استفاده است:

$$Q = 1.34h^{2.48}$$

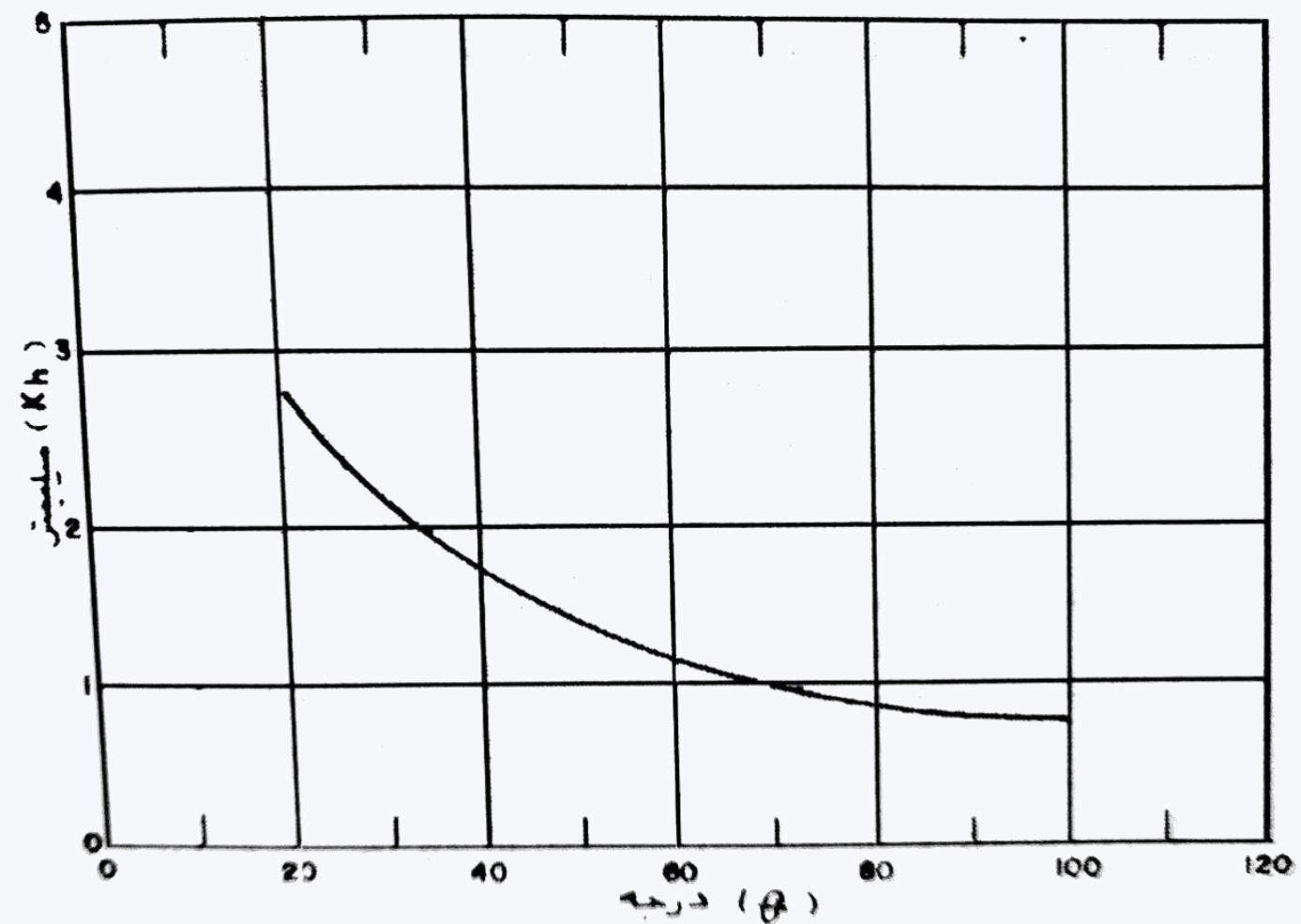


BRITISH  
STANDARDS

# Theory

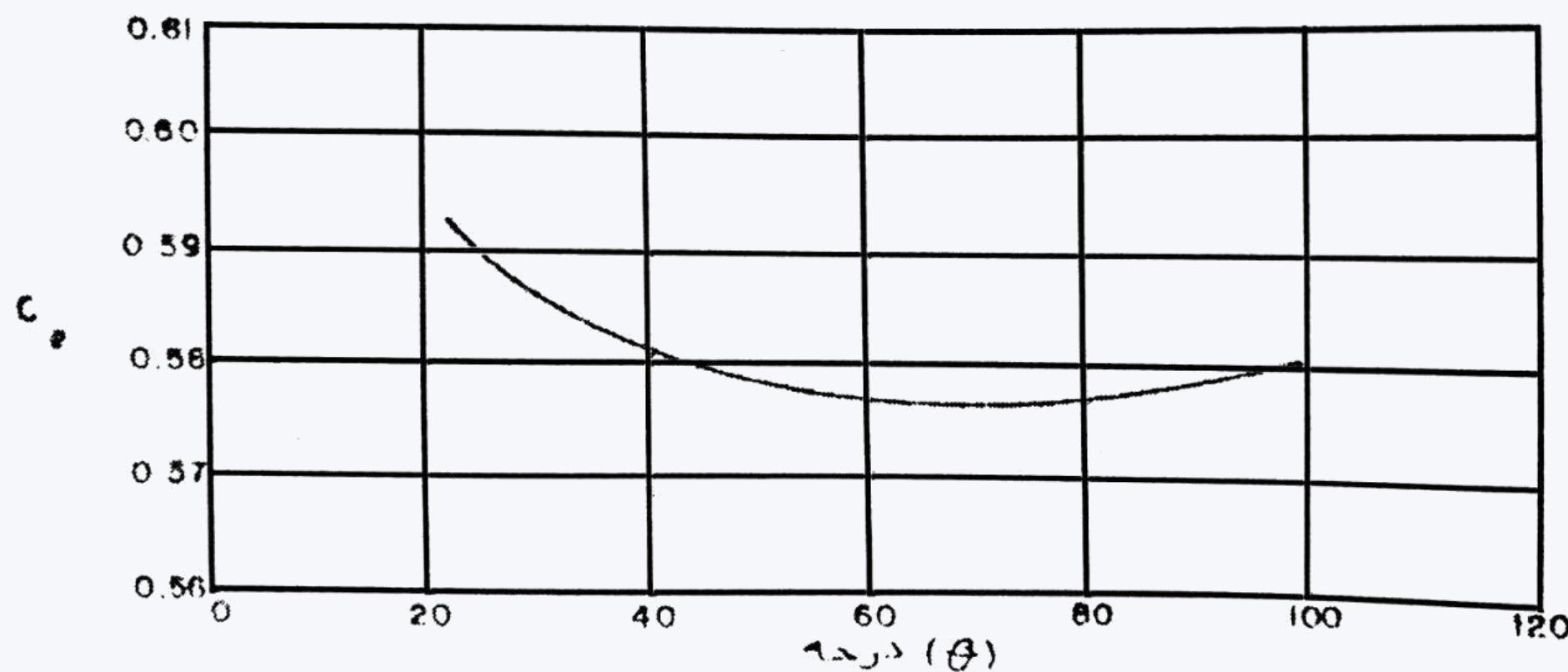


V-Notch Weir

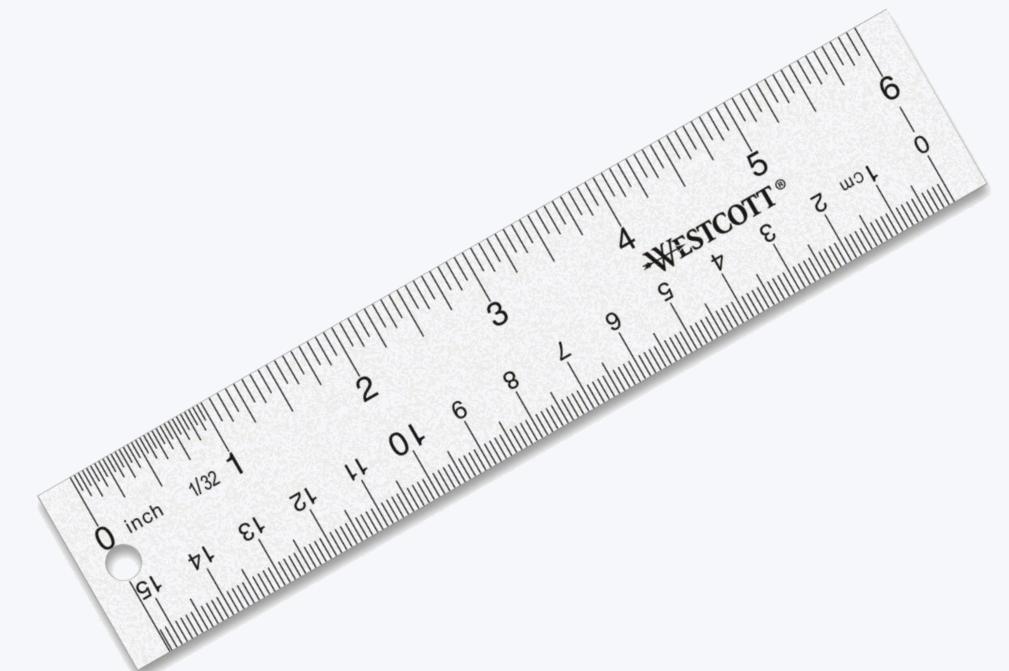
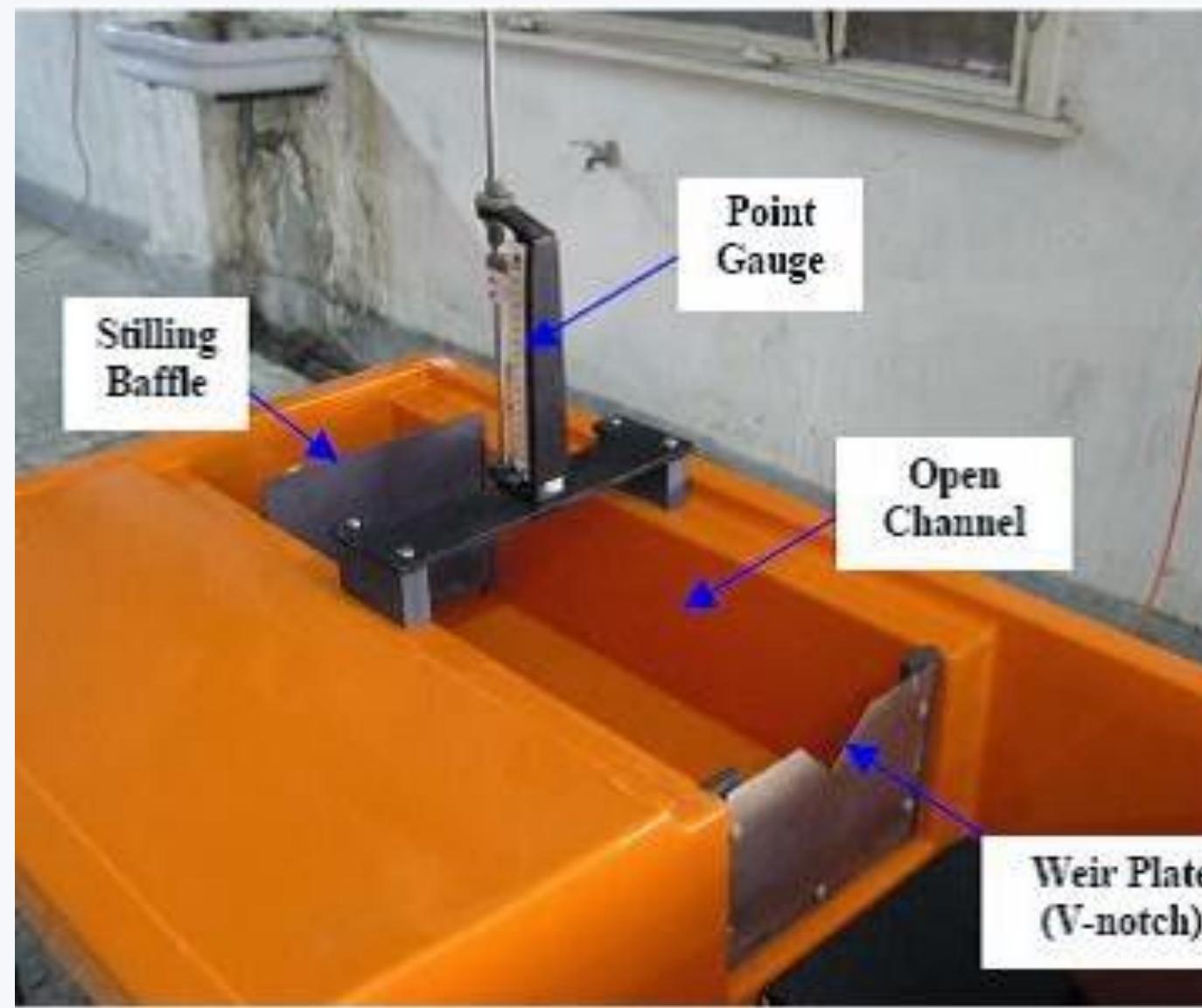


$$Q = C_e \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2g} \cdot \tan \frac{\theta}{2} \cdot h_e^{2.5}$$

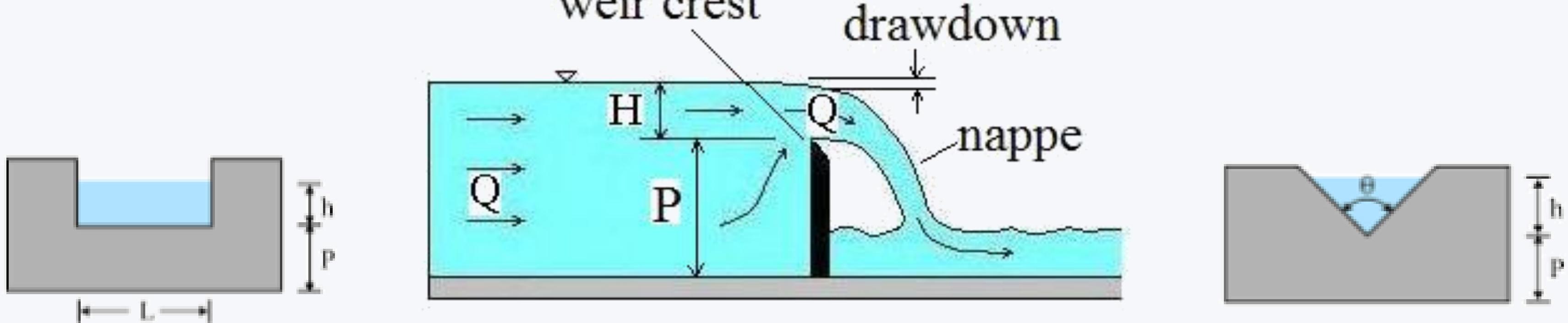
$$h_e = h + k_h$$



# Required Instruments

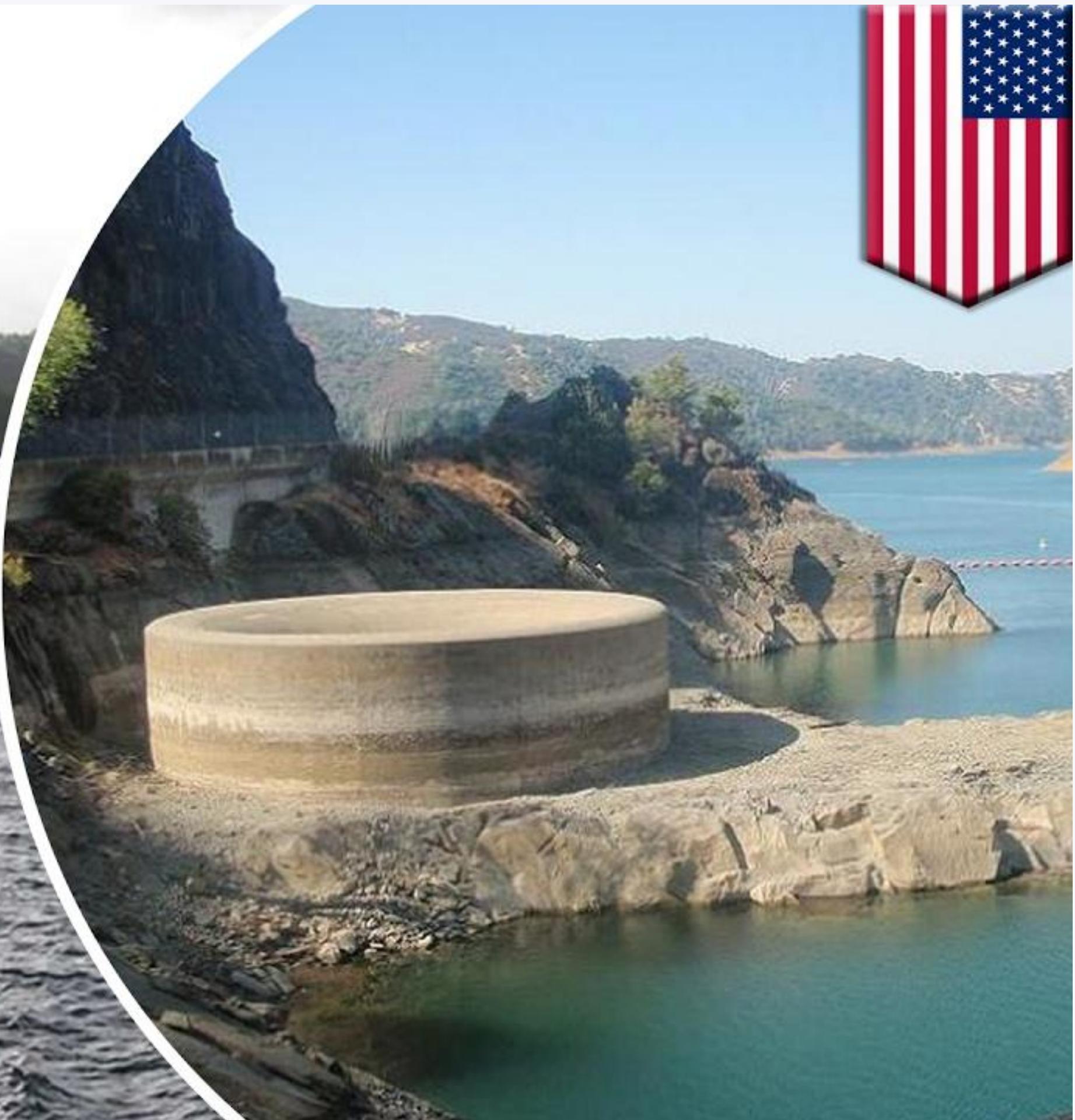
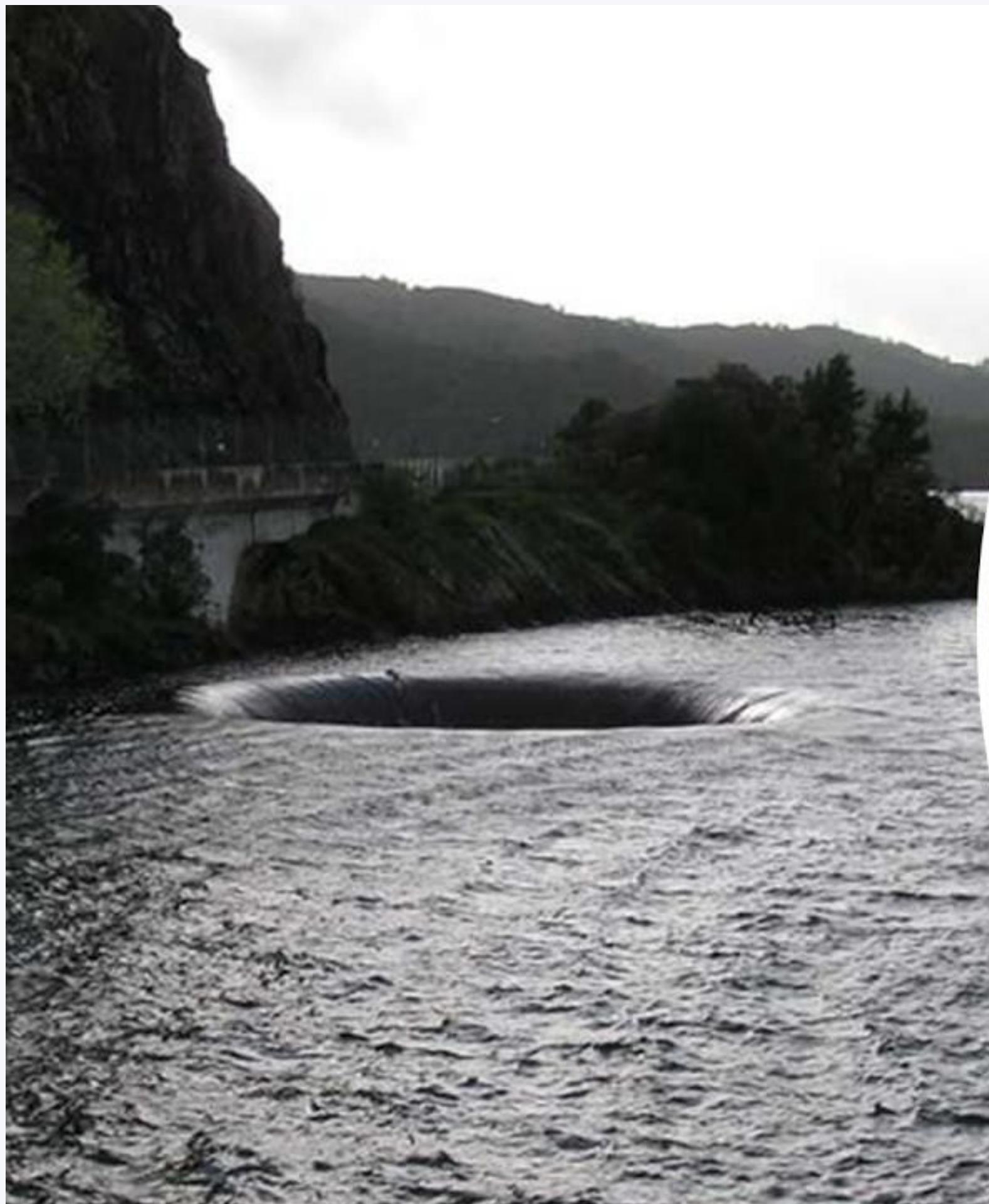


# Experimental Method



Flow Over a Sharp Crested Weir

!!!



!!!



Any Questions?

