

دانشگاه فردوسی مشهد

عملیات مبانی و روشهای آبیاری



گروه علوم و مهندسی آب
مجموعه آزمایشگاه ها

WATER MEASUREMENT MANUAL

A WATER RESOURCES
TECHNICAL PUBLICATION

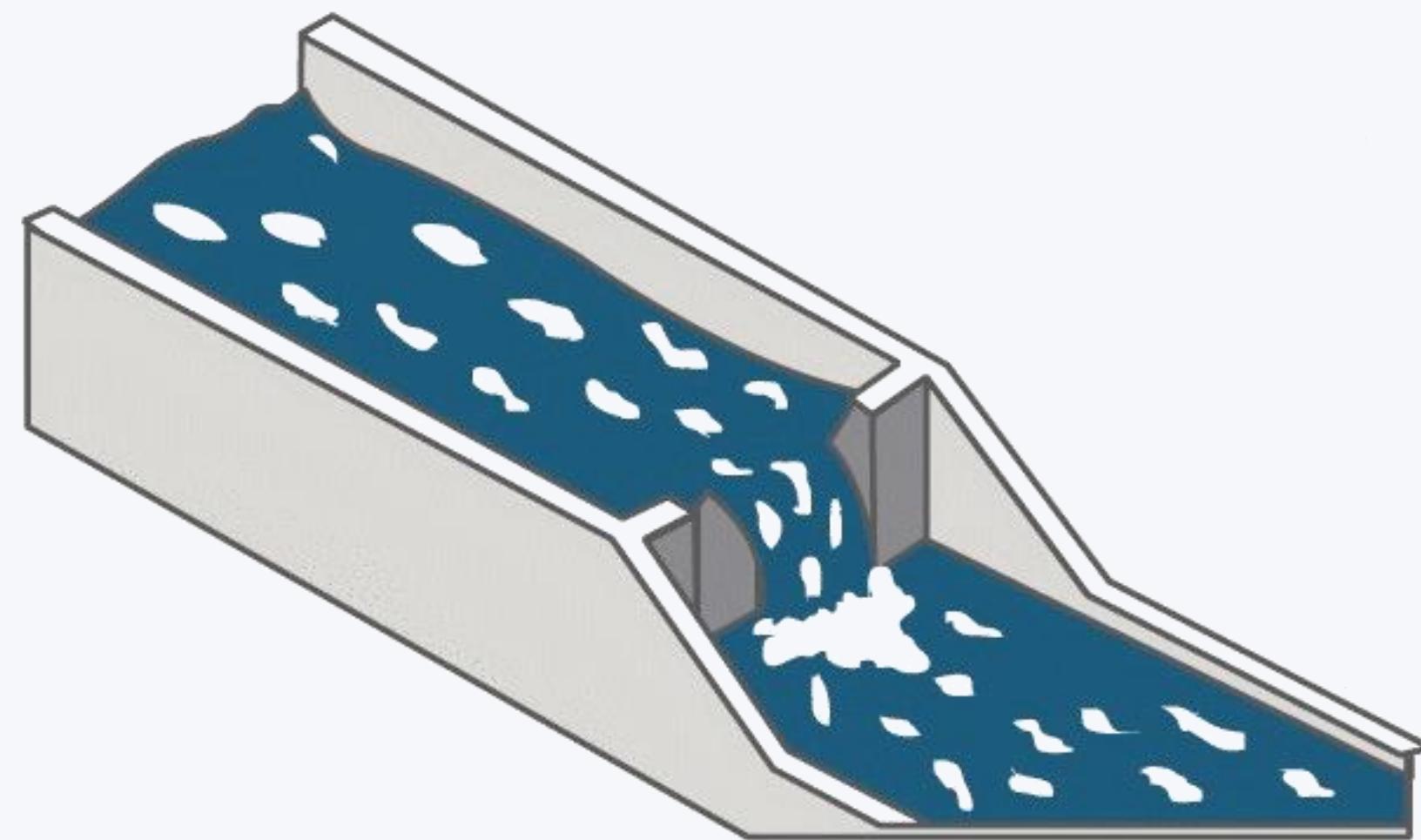
A guide to effective water measurement
practices for better water management



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



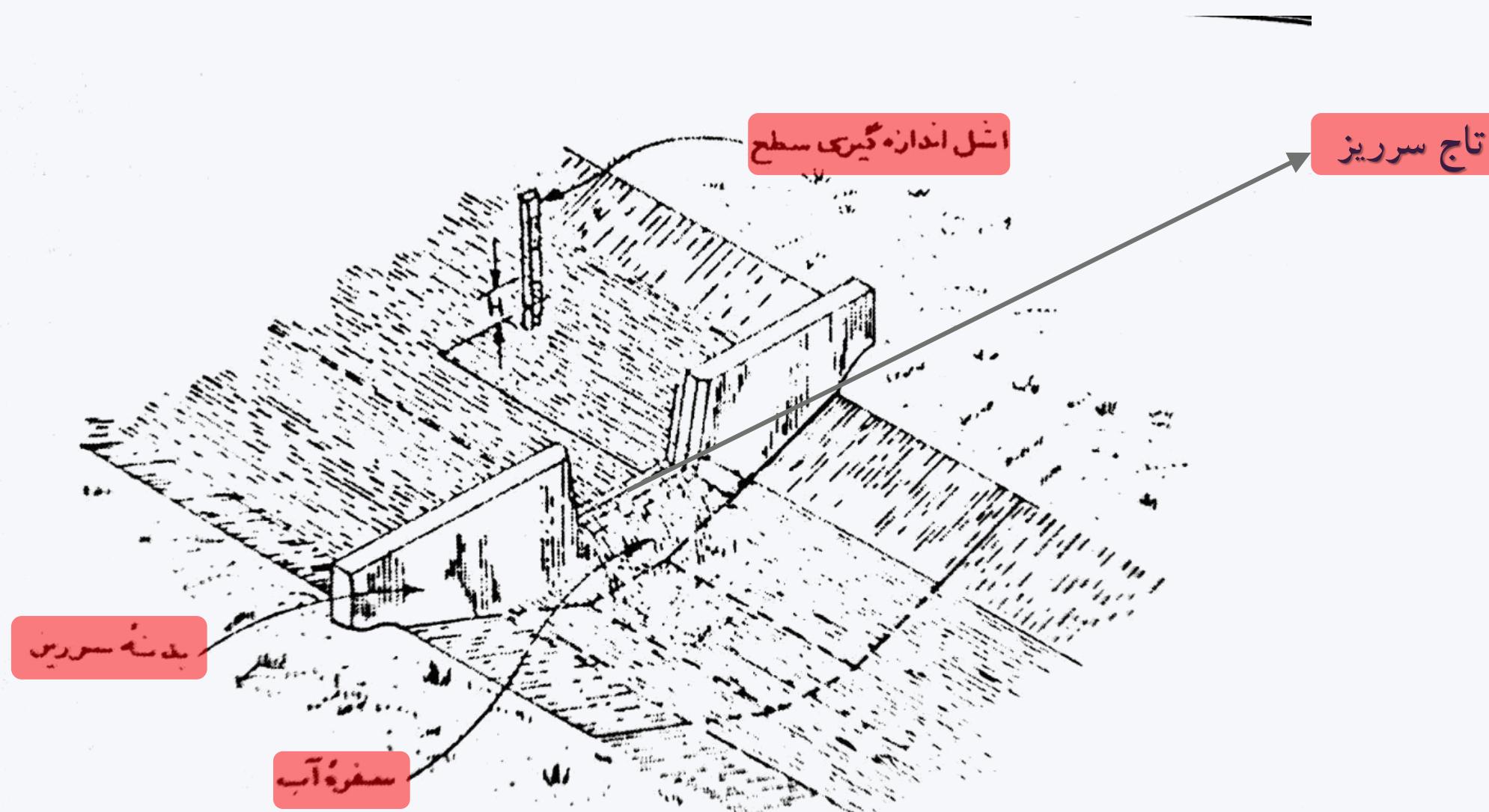
Measurements in Open Channels Using Weirs



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

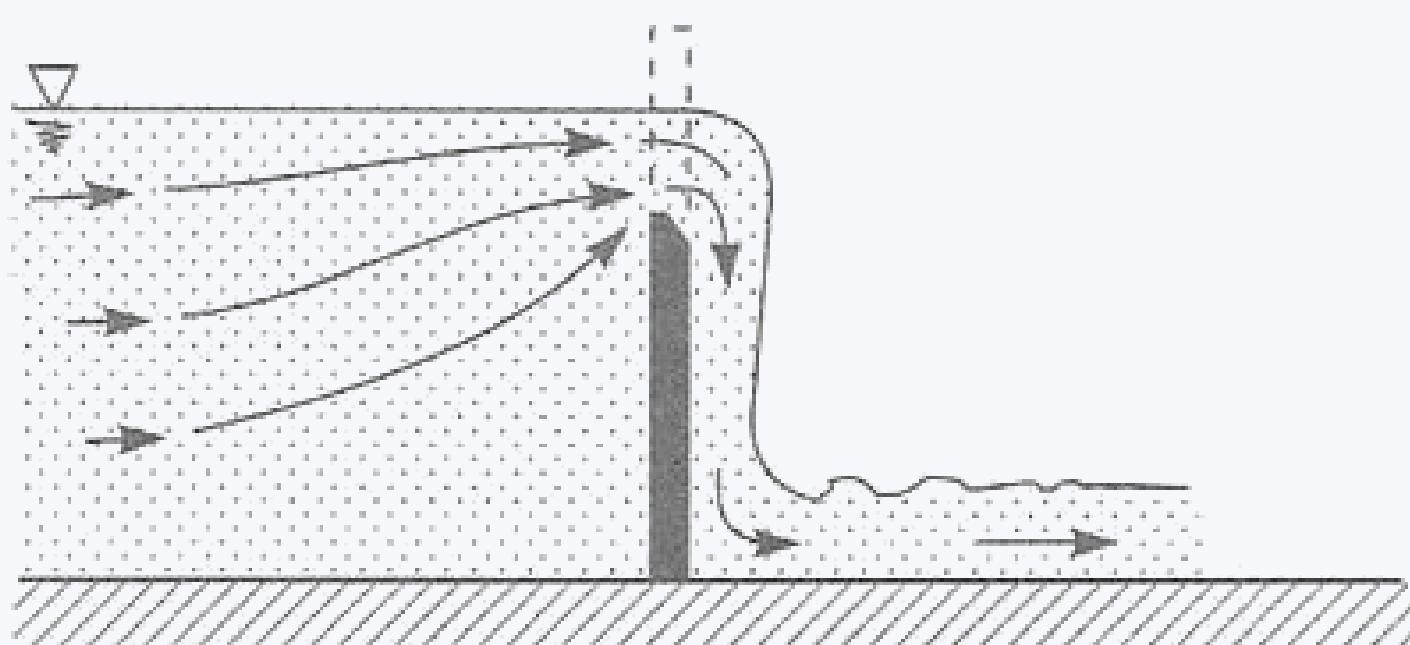
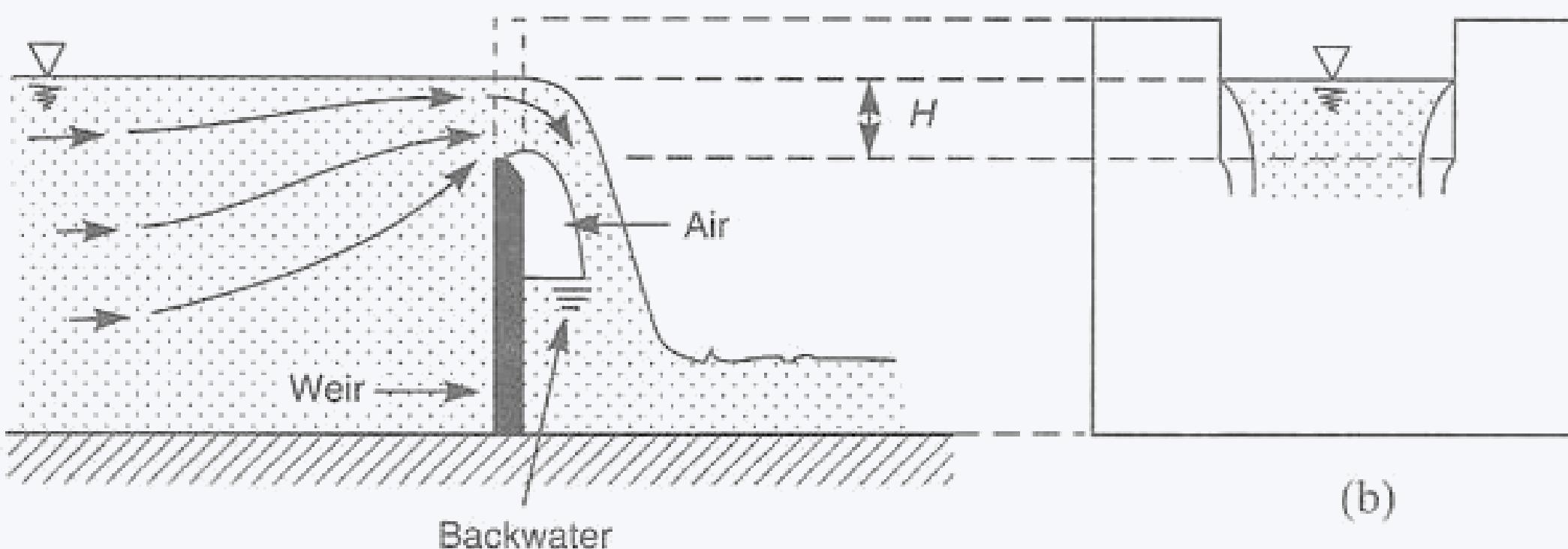
سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

۲- ضخامت تاج سرریز

۳- فشردگی یا عدم فشردگی جریان

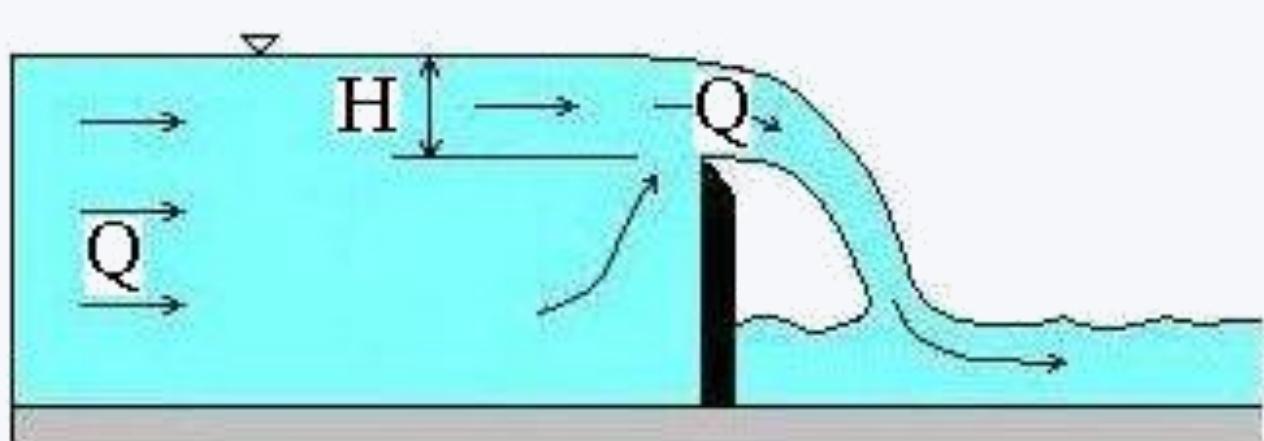
۴- شکل سرریز



Theory

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

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

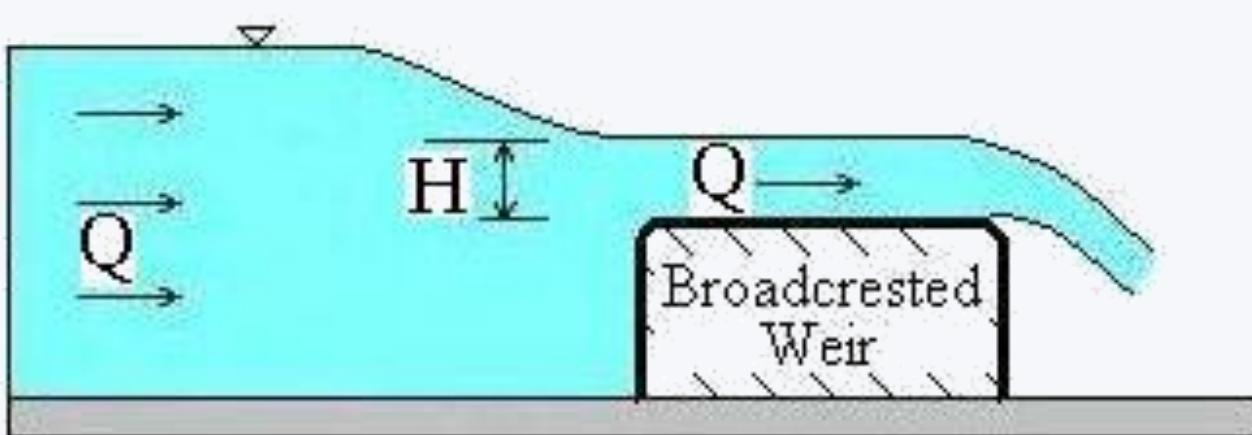


Flow Over a Sharp Crested Weir

۲- خصامت تاج سرریز

۳- فشندگی یا عدم فشندگی جریان

۴- شکل سرریز



Flow Over a Broad Crested Weir

Theory

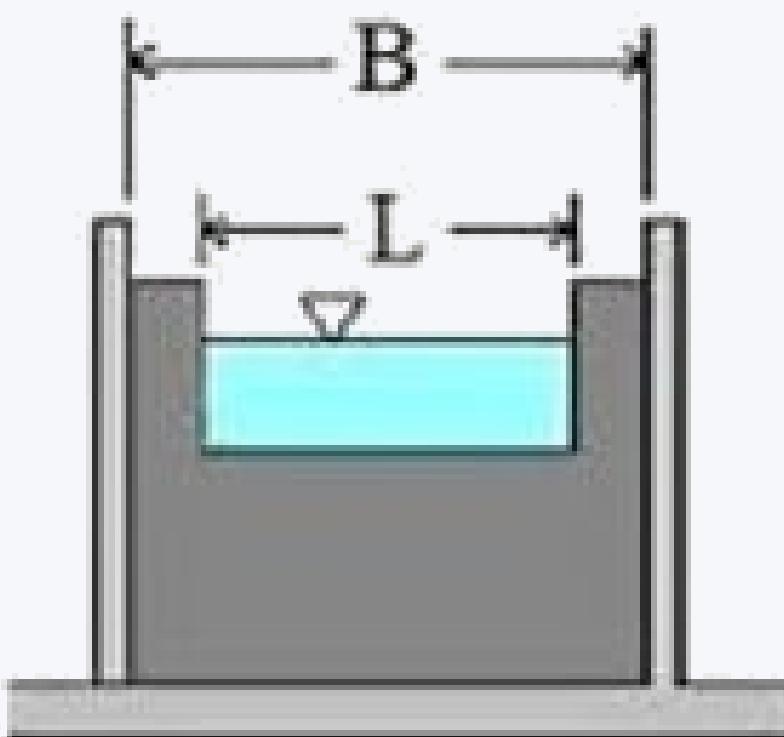
سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

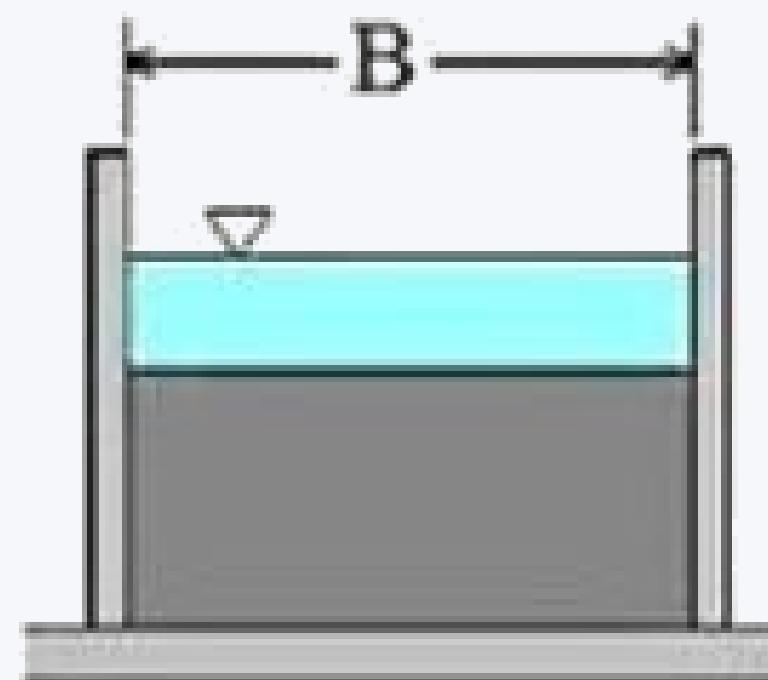
۲- ضخامت تاج سرریز

۳- فشردگی یا عدم فشردگی جریان

۴- شکل سرریز



contracted rectangular
weir ($L < B$)



suppressed rectangular
weir ($L = B$)

Theory

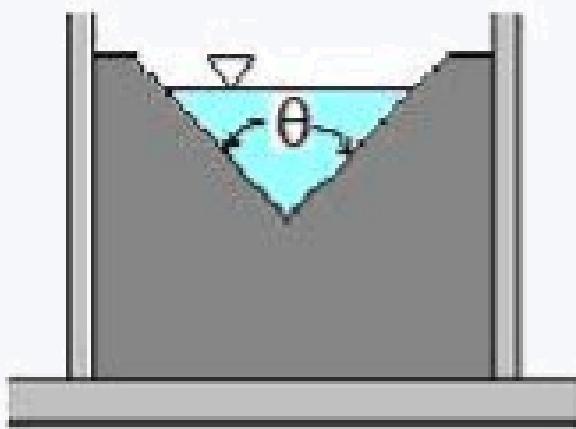
سرریزها را می‌توان بر اساس یکی از پارامترهای زیر دسته‌بندی کرد.

۱- شرایط آزاد یا مستغرق بودن جریان روی سرریز

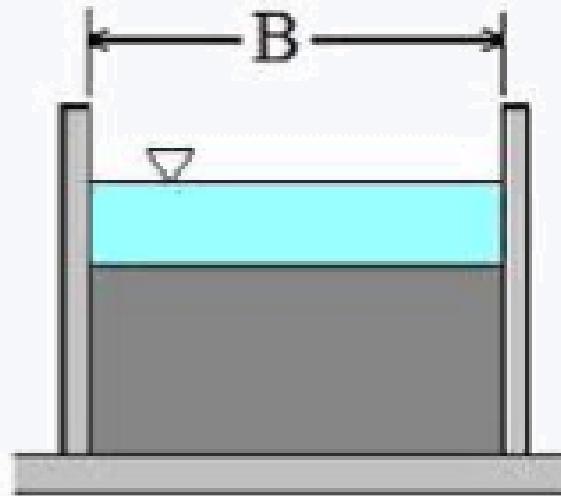
۲- ضخامت تاج سرریز

۳- فشردگی یا عدم فشردگی جریان

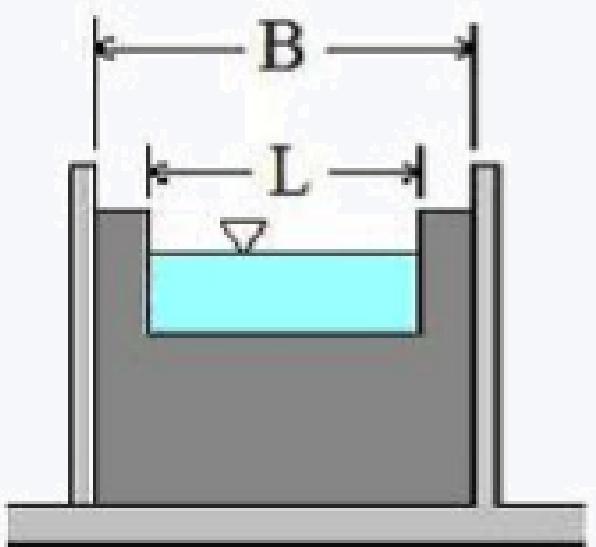
۴- شکل سرریز



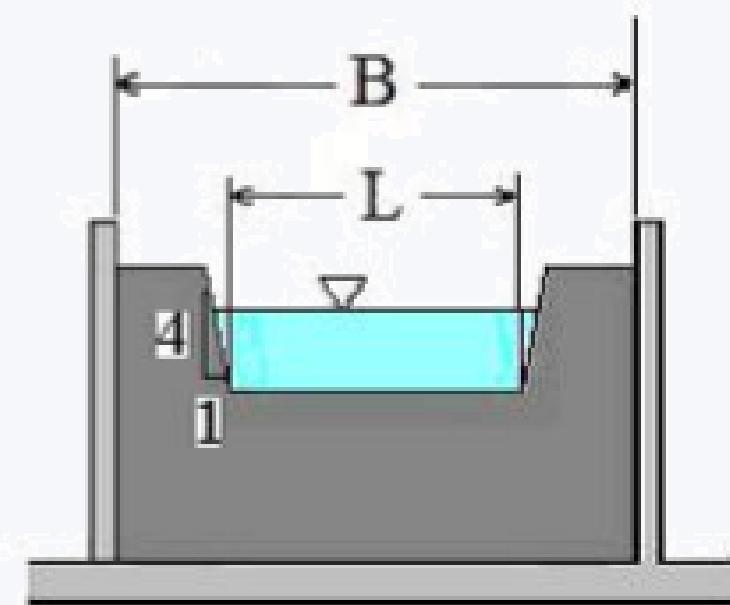
(a) V-notch



(b) suppressed rectangular

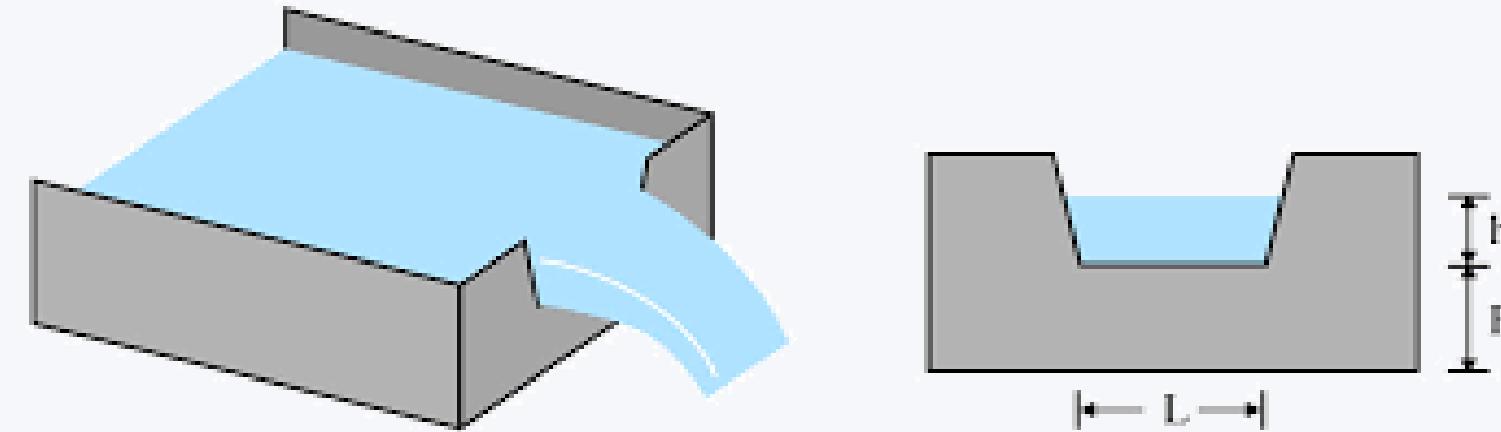


(c) contracted rectangular

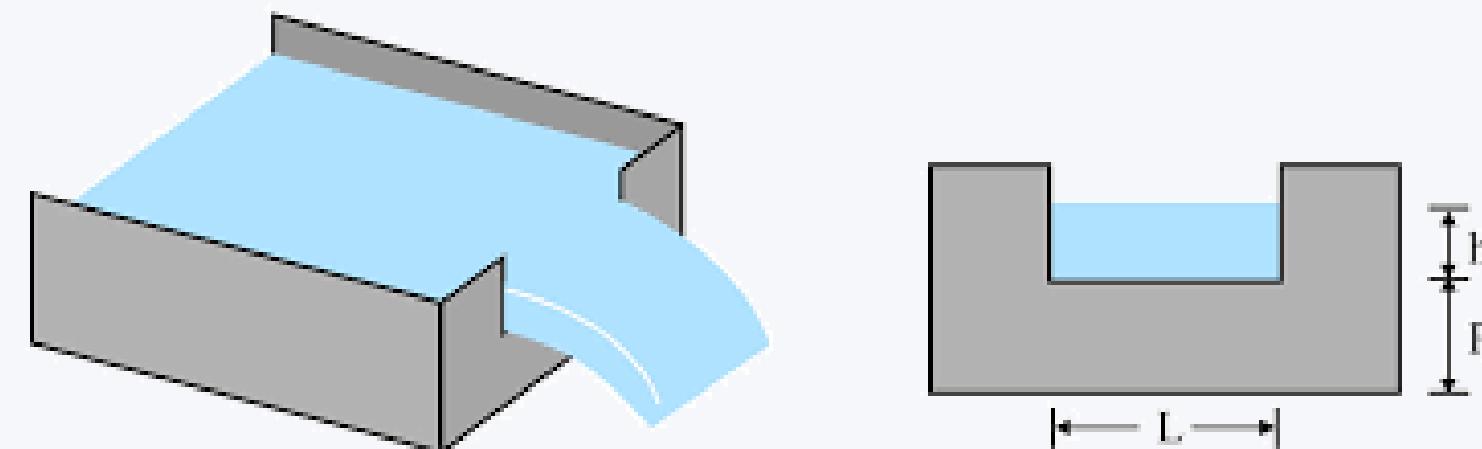


(d) cipolletti

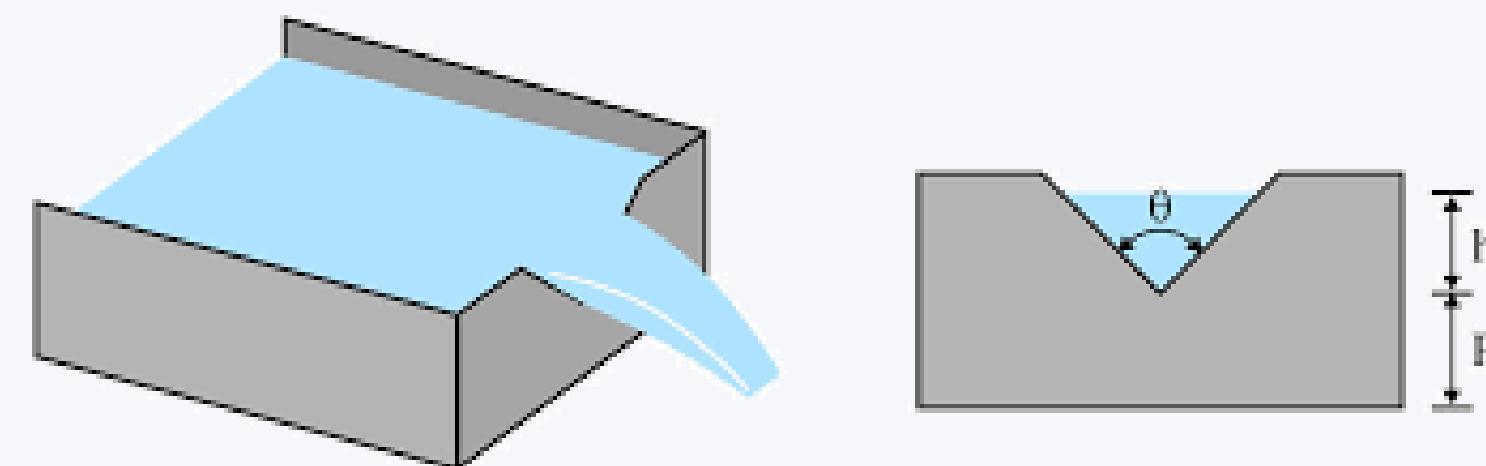
Theory



Cipolletti Weir

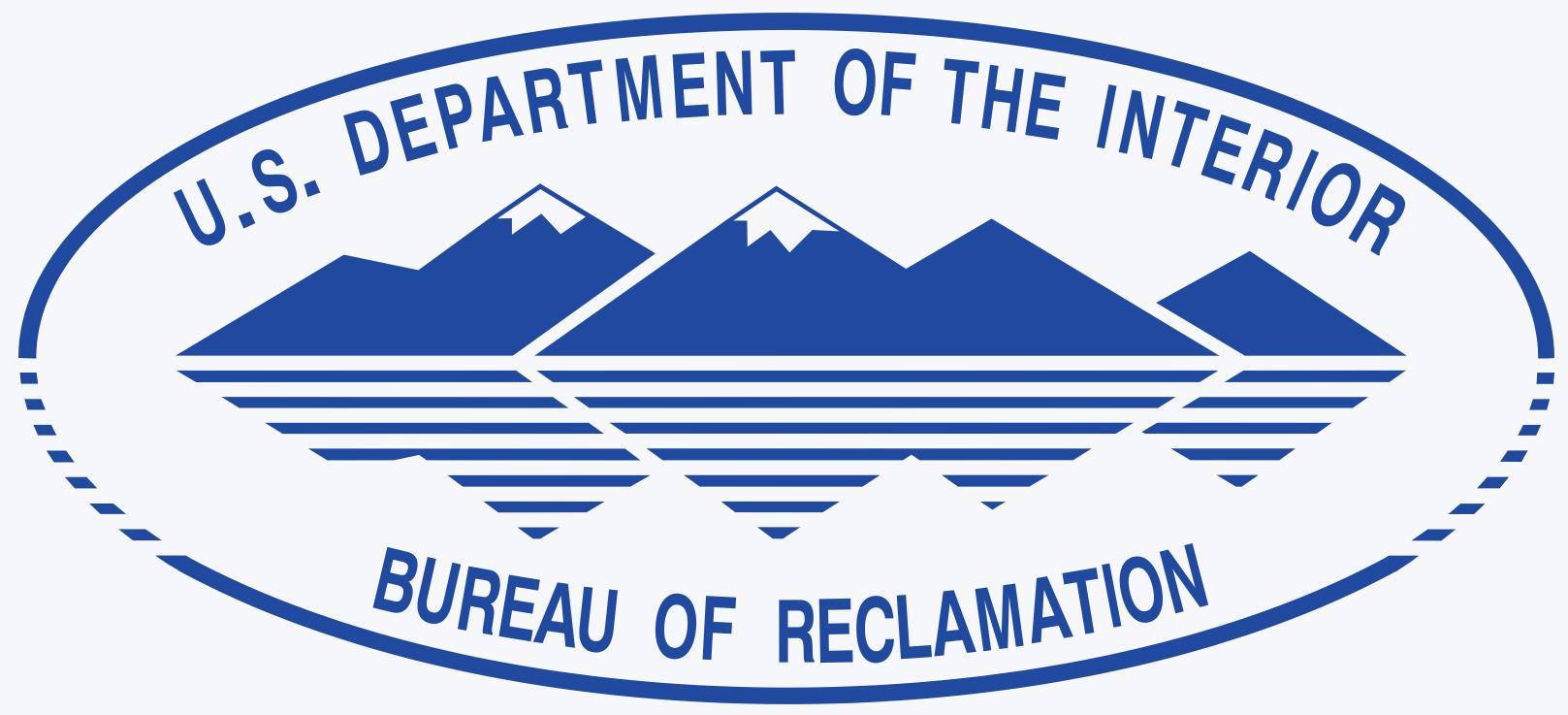


Rectangular Weir

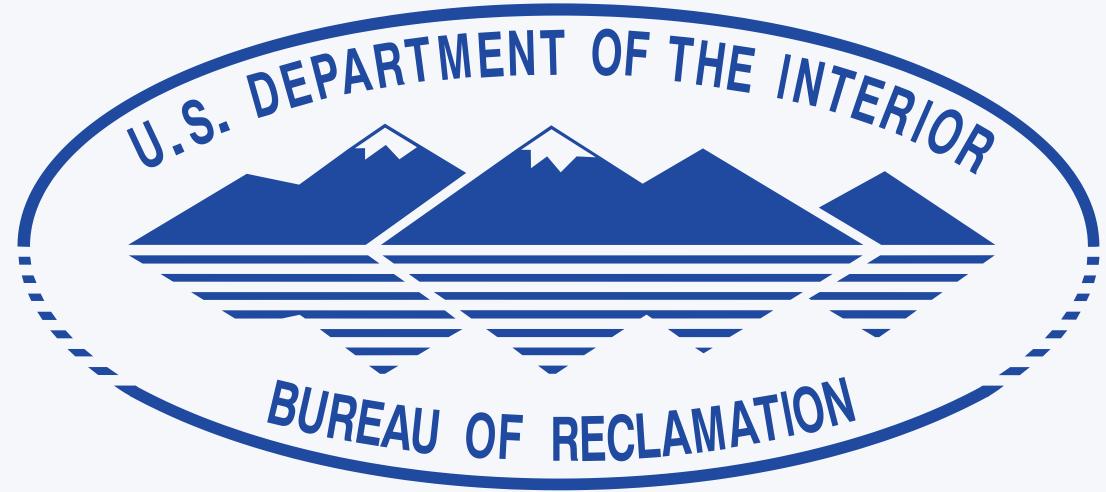


V-Notch Weir

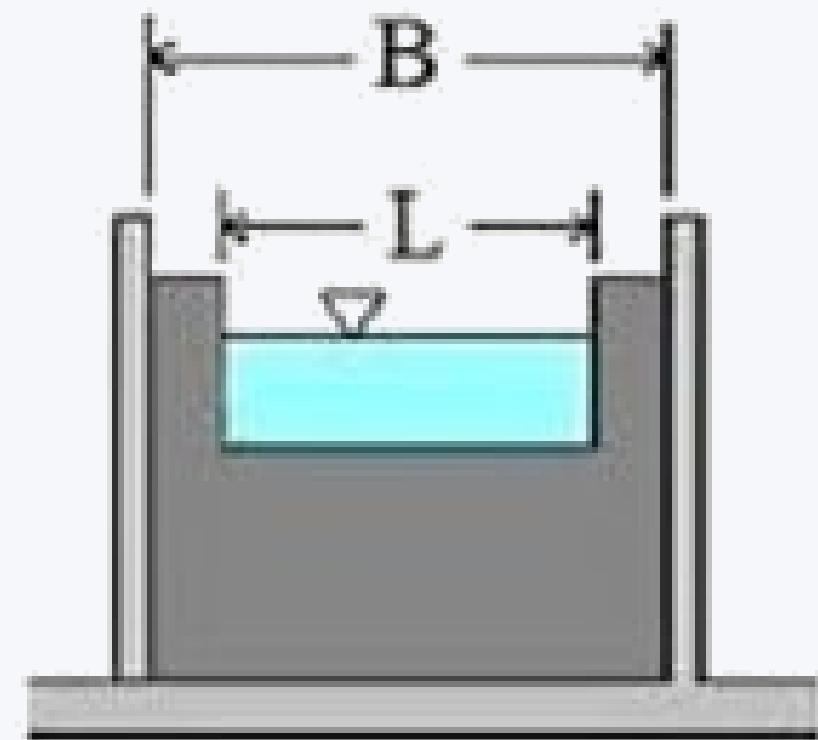
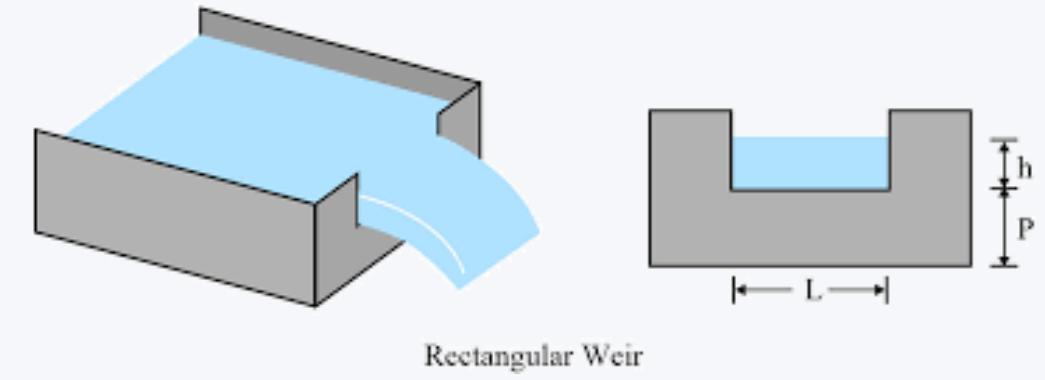
Theory



BRITISH
STANDARDS

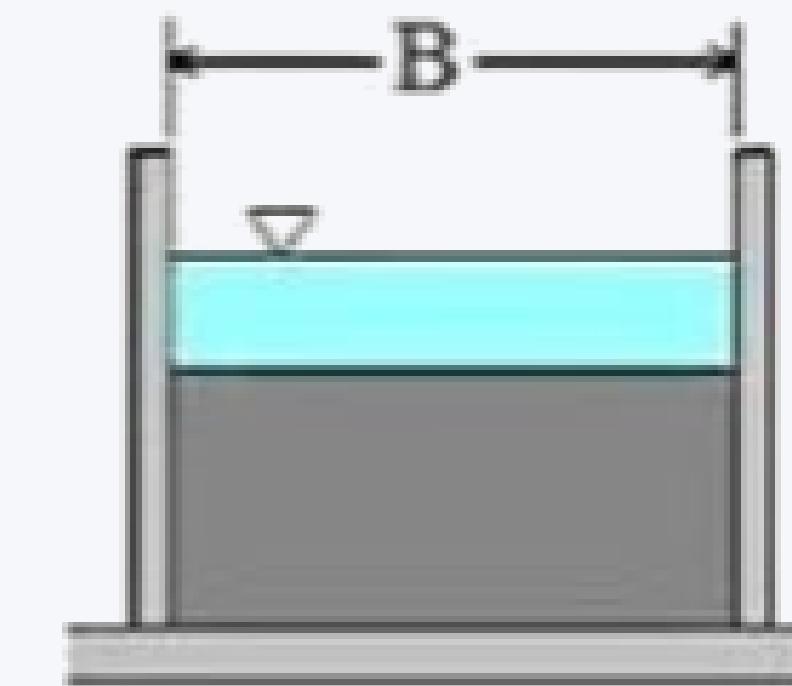


Theory



contracted rectangular
weir ($L < B$)

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



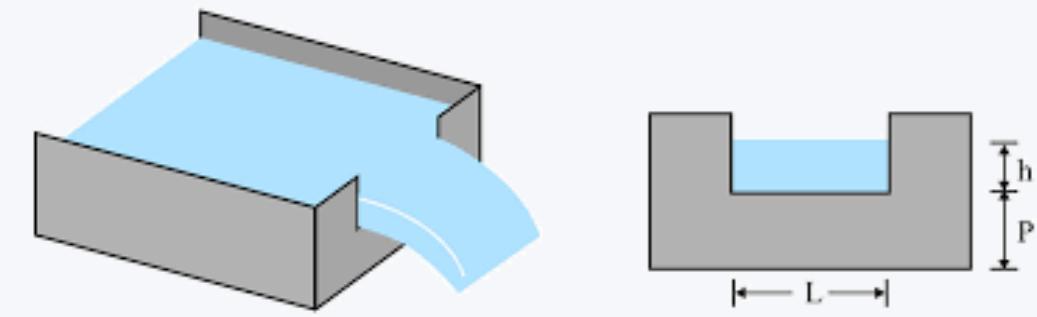
suppressed rectangular
weir ($L = B$)

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



BRITISH
STANDARDS

Theory



Rectangular Weir

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

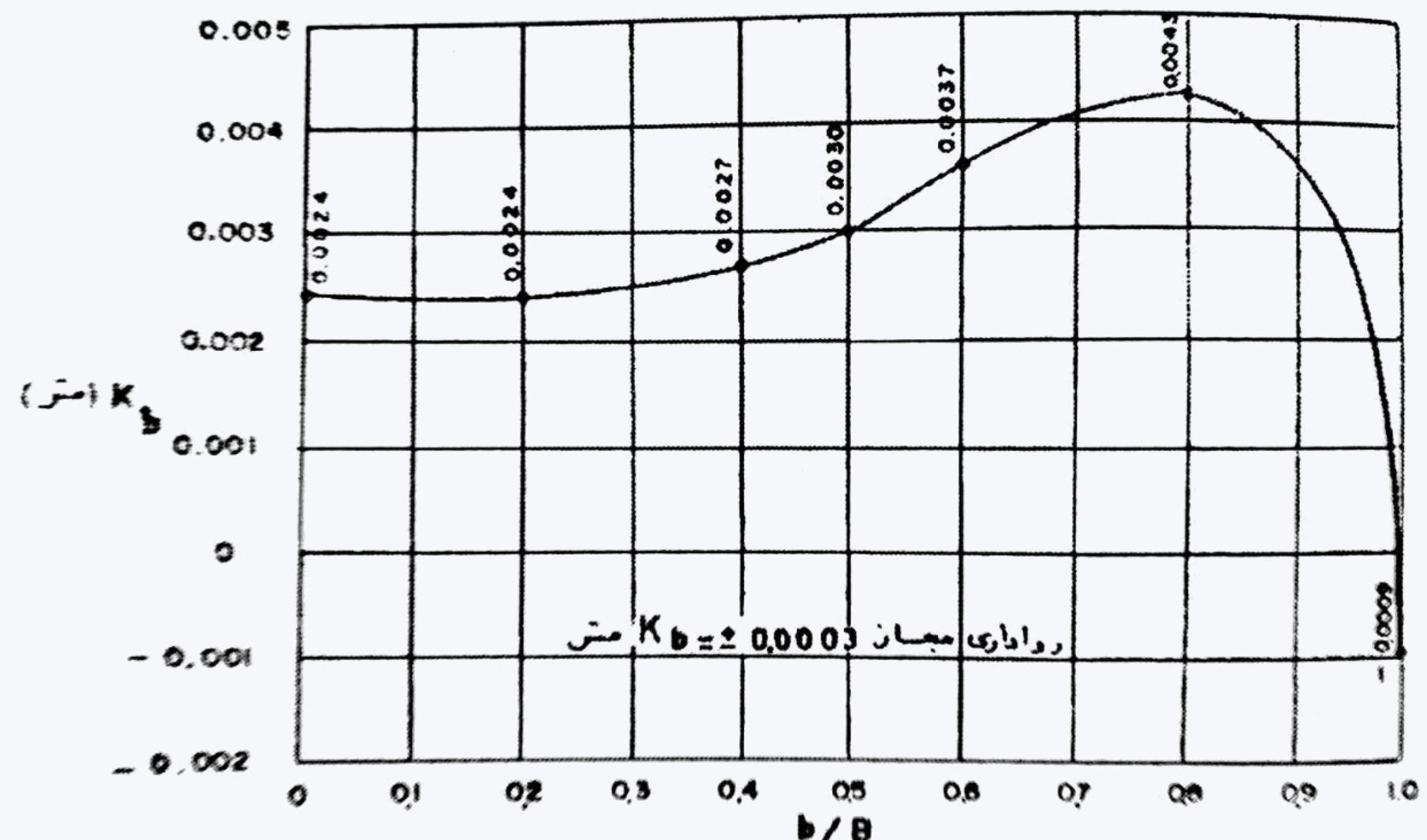
$$Q = C_e \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2gb_e} \cdot h_e^{1.5}$$

$$b_e = b + k_b$$

$$h_e = h + k_h$$

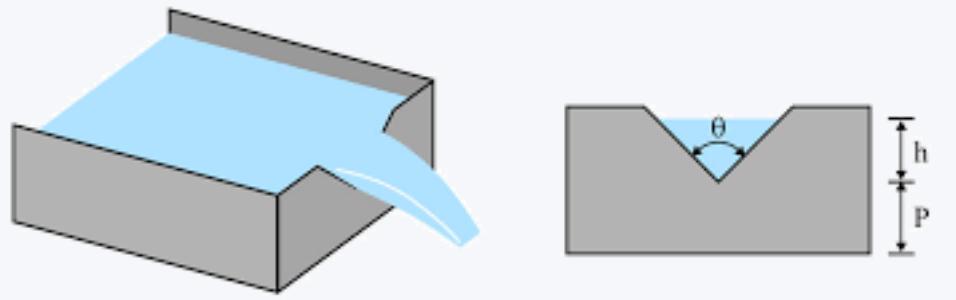
b/B	C_e
1.0	.602 + .075 h/P
.9	.599 + .064 h/P
.8	.597 + .045 h/P
.7	.595 + .030 h/P
.6	.593 + .018 h/P
.5	.592 + .011 h/P
.4	.591 + .0058 h/P
.3	.590 + .0020 h/P
.2	.589 - .0018 h/P
.1	.588 - .0021 h/P
0	.587 - .0023 h/P

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

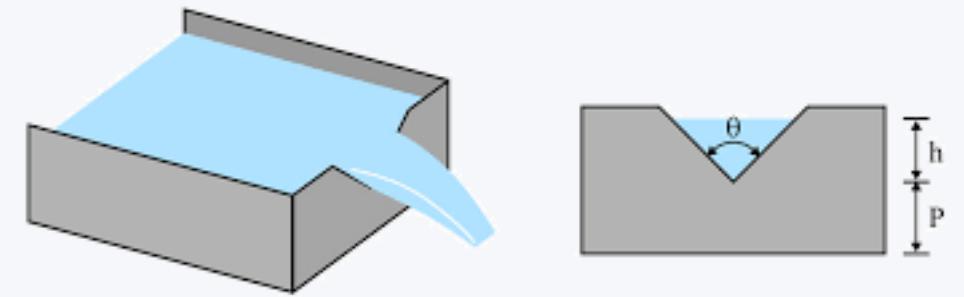
- ✓ این رابطه برای سرریزهای مثلثی با زاویه 90° درجه قابل استفاده است:

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

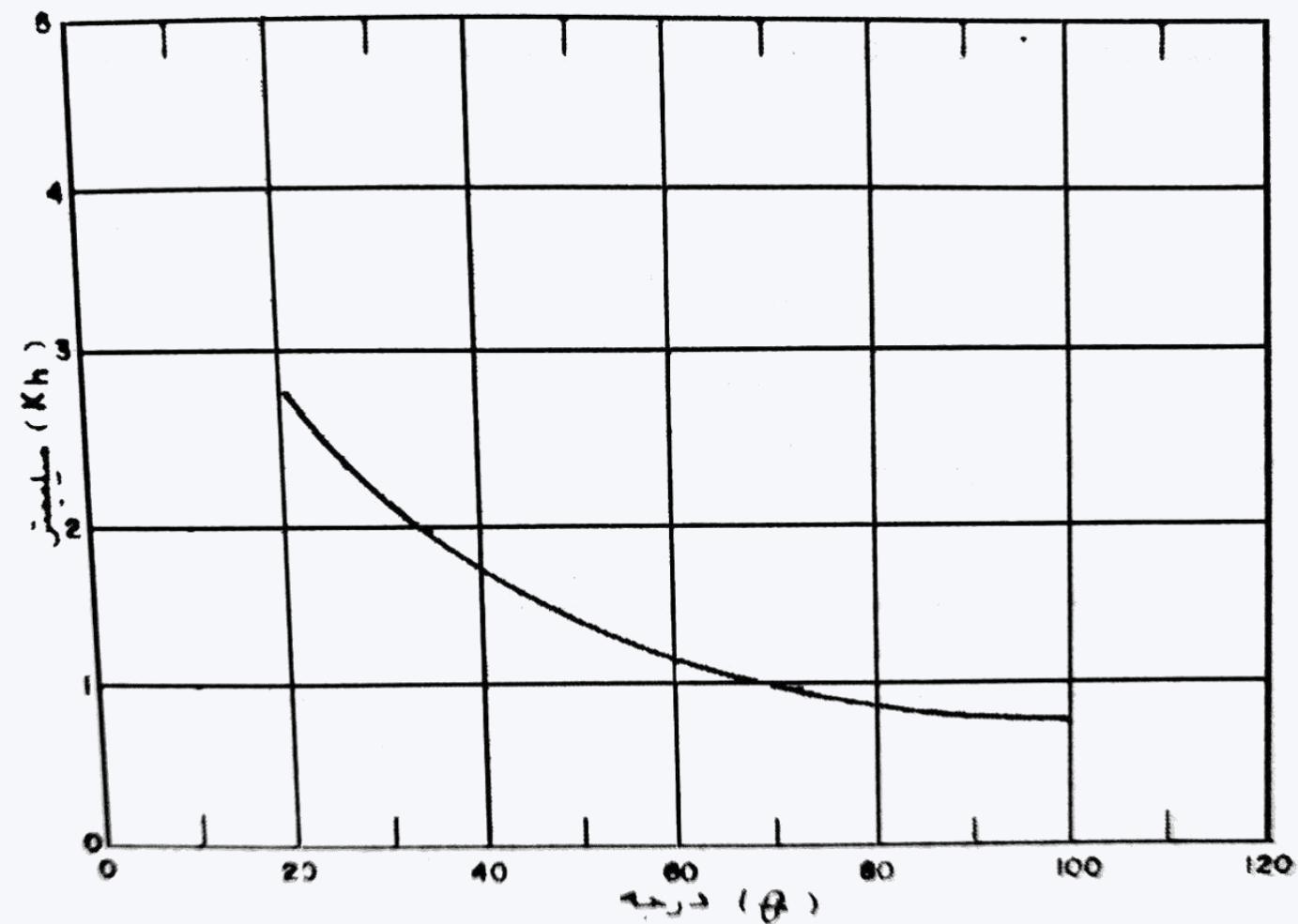


BRITISH
STANDARDS

Theory

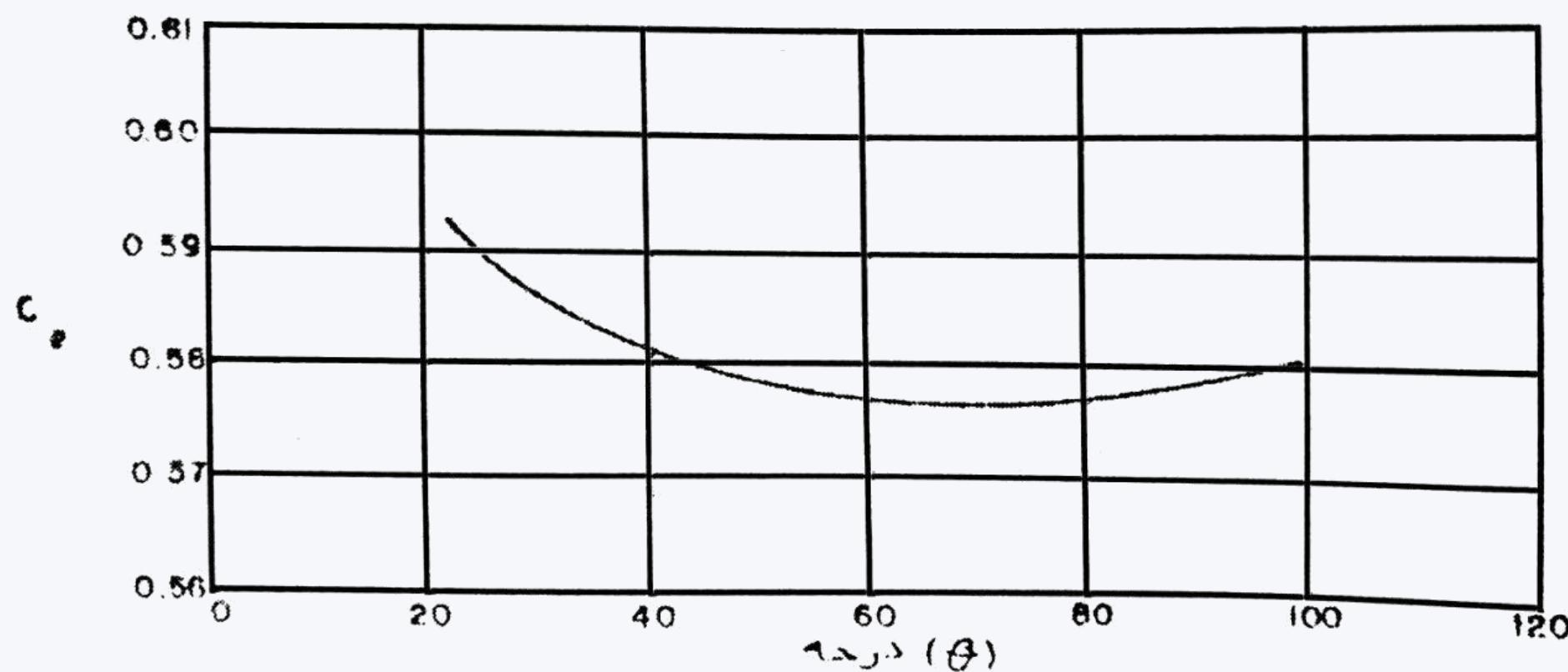


V-Notch Weir

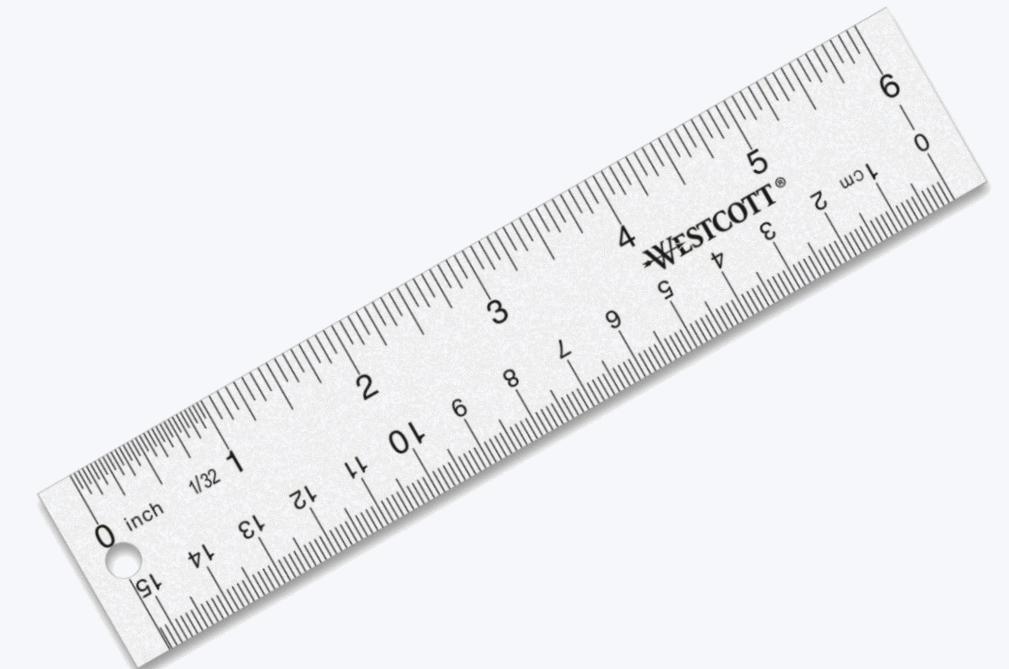
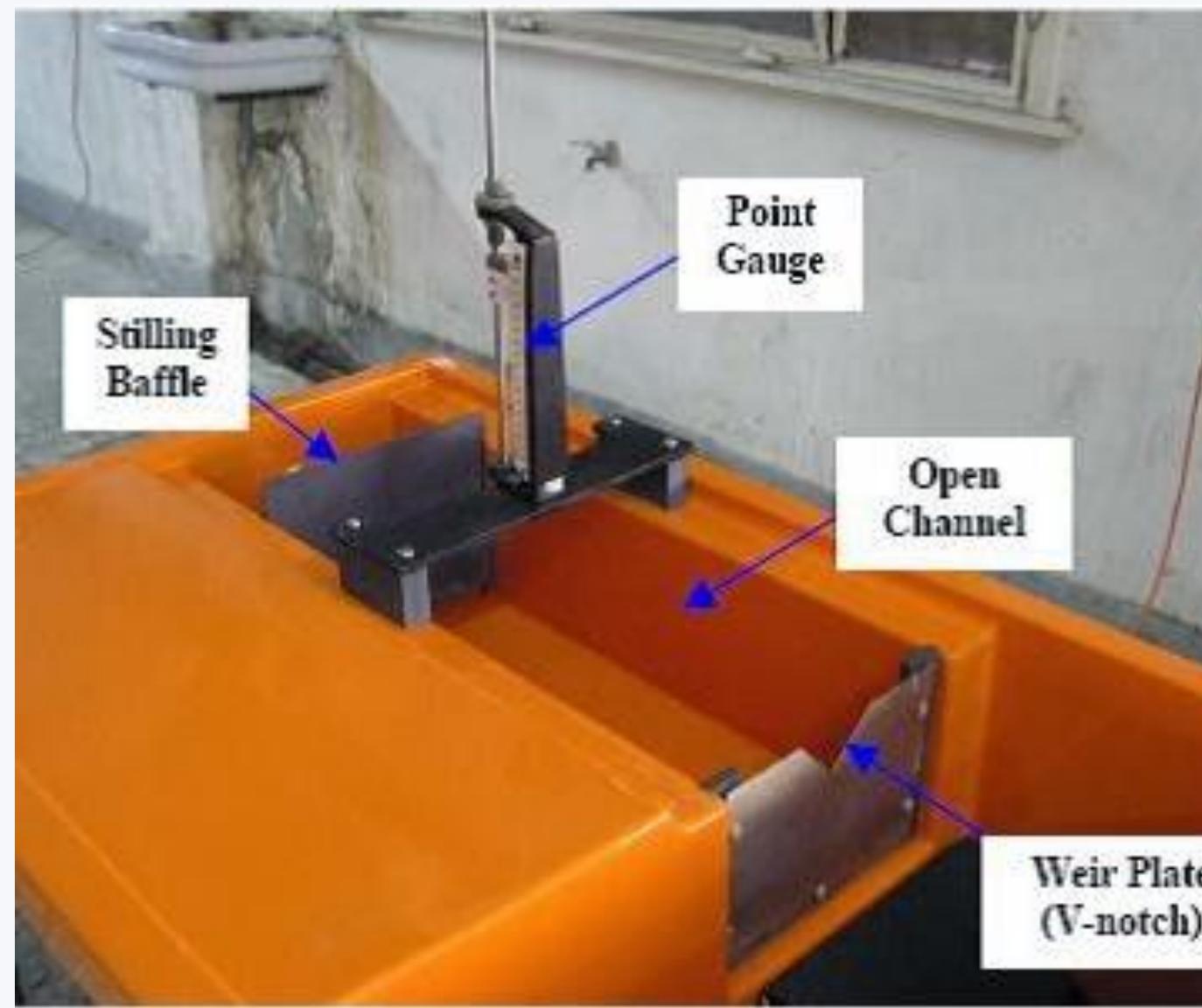


$$Q = C_e \cdot \frac{8}{15} \sqrt{2g} \cdot \tan \frac{\theta}{2} \cdot h_e^{2.5}$$

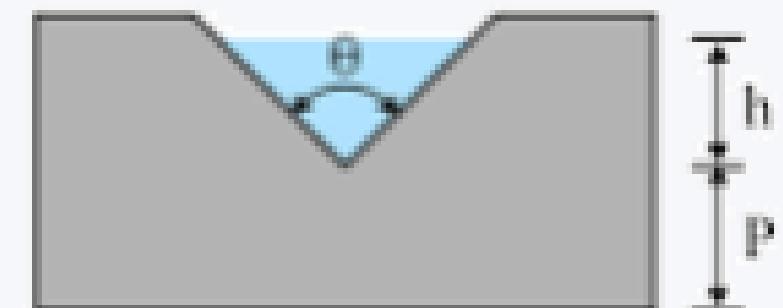
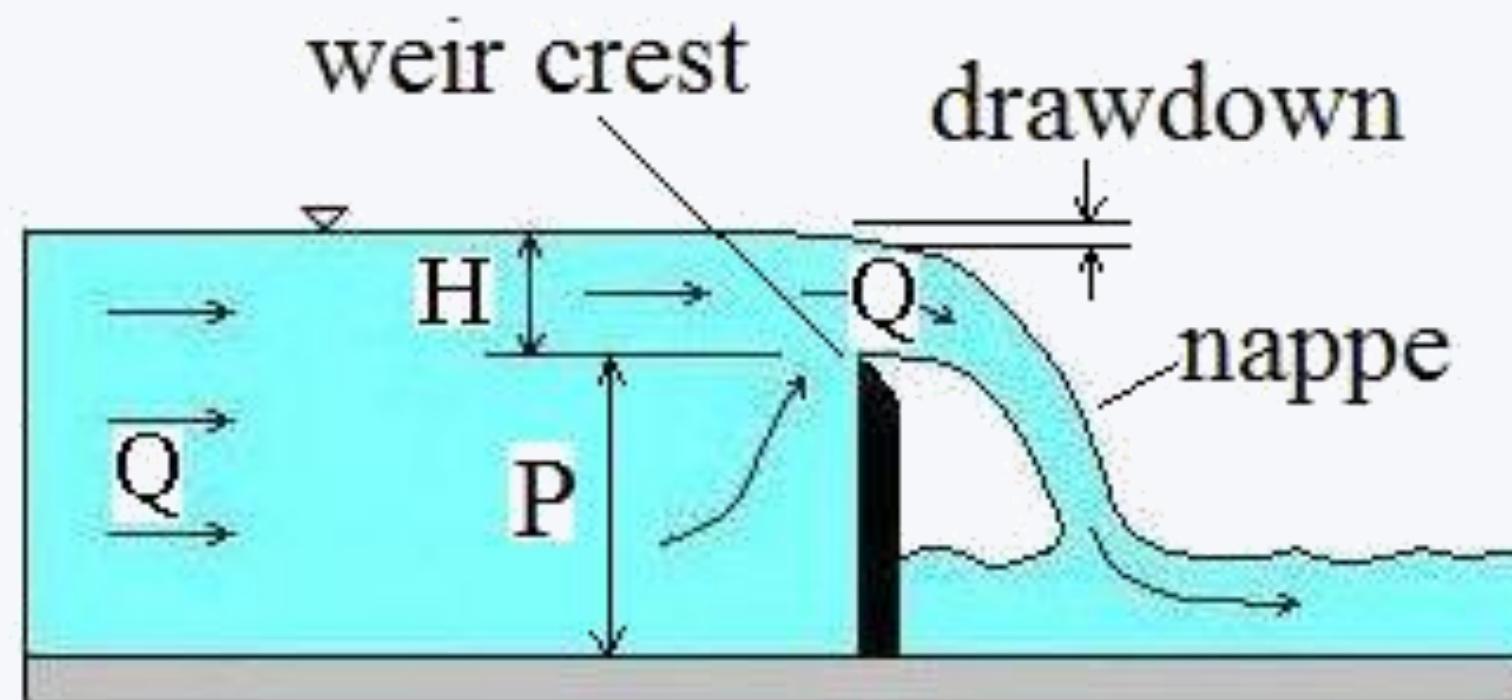
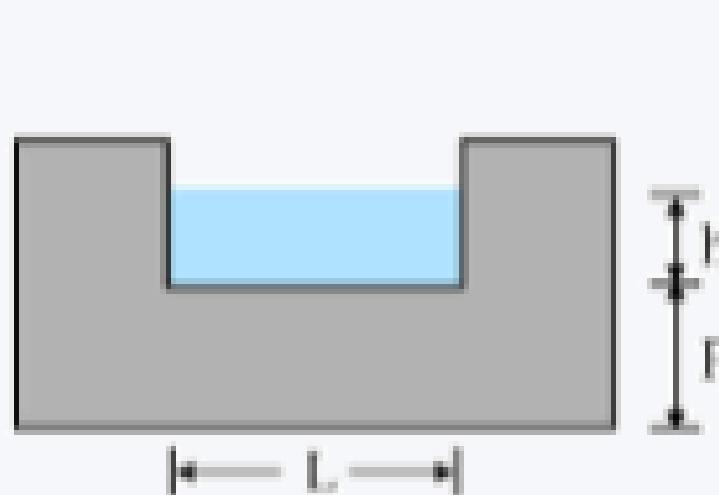
$$h_e = h + k_h$$



Required Instruments



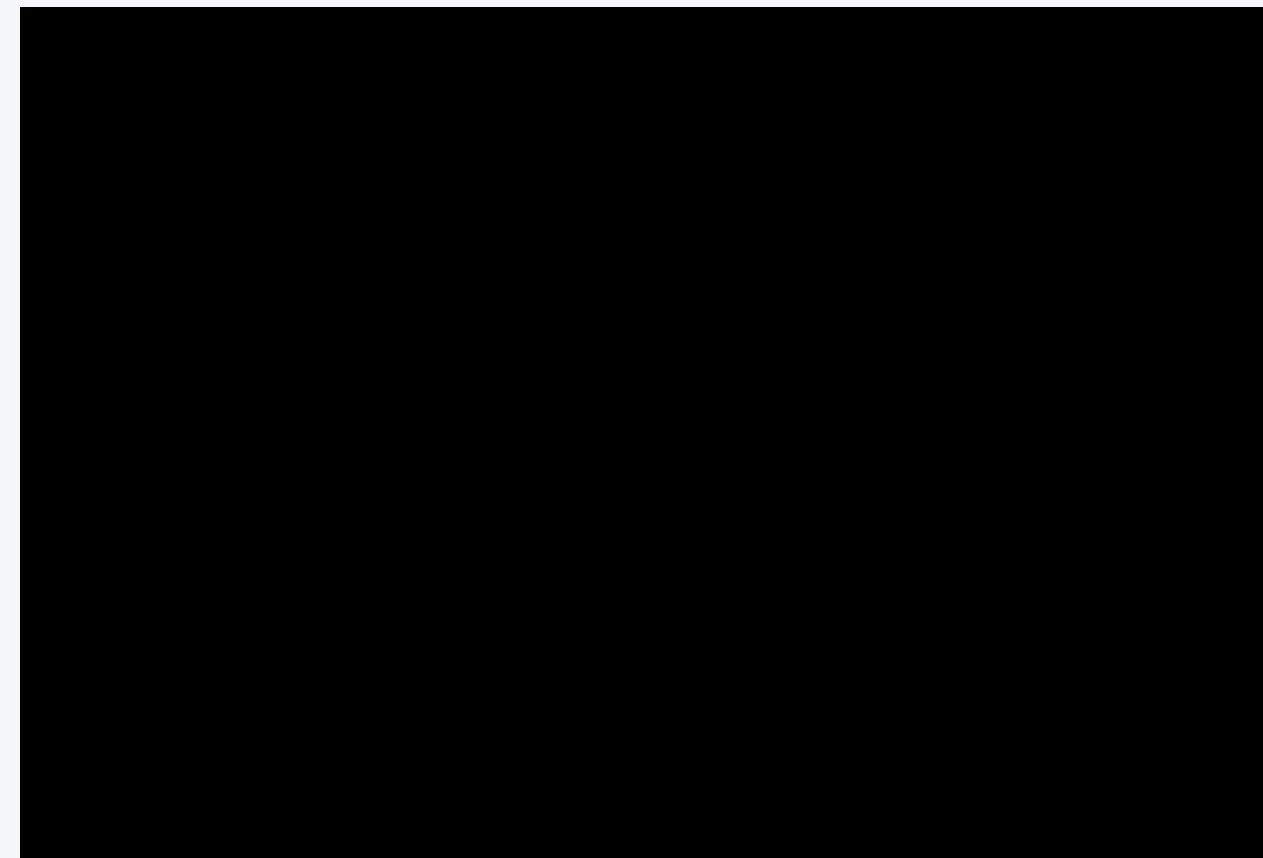
Experimental Method



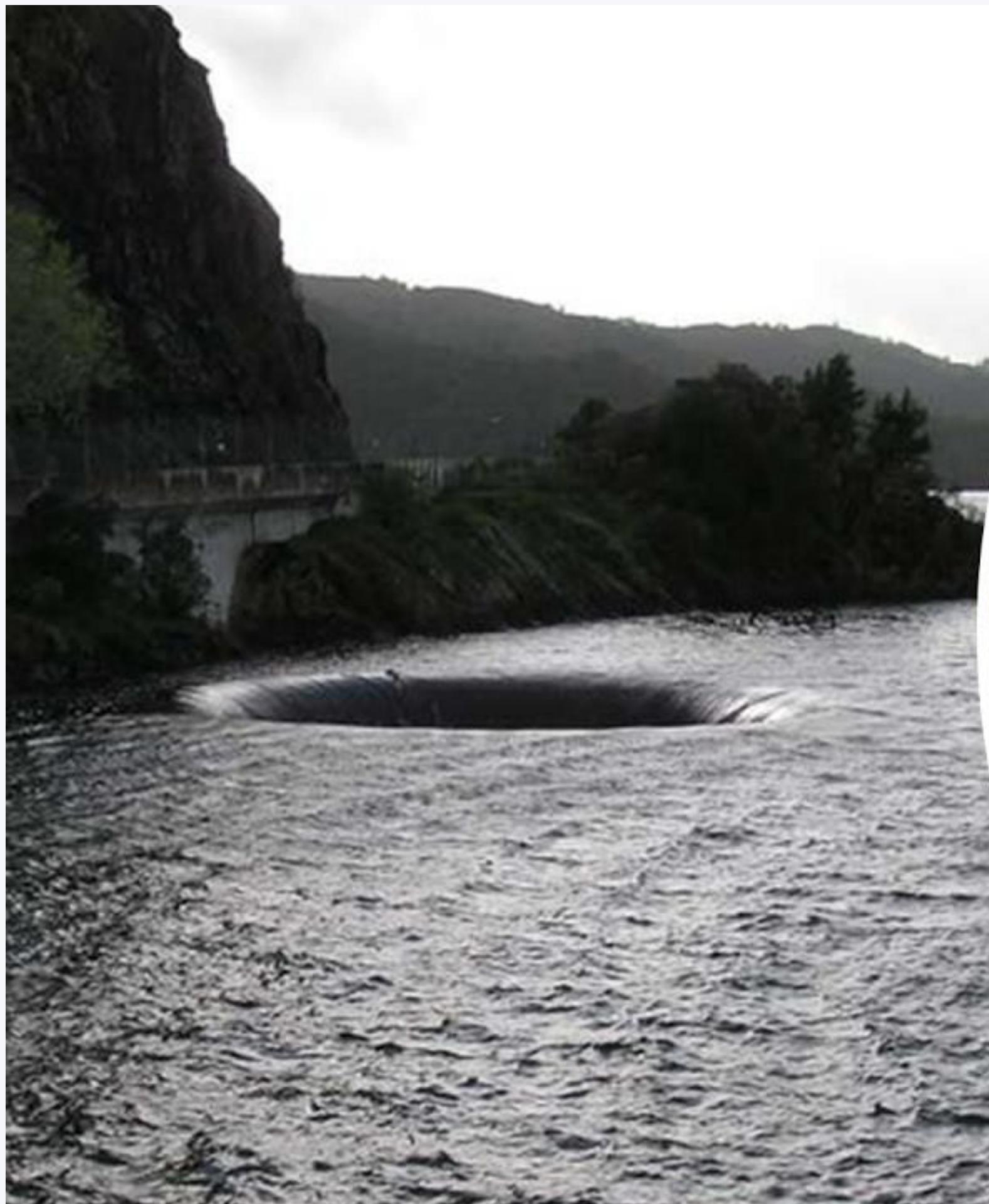
Flow Over a Sharp Crested Weir

Experimental Method

© SHArP Edge Learning Pvt. Ltd.



!!!



!!!

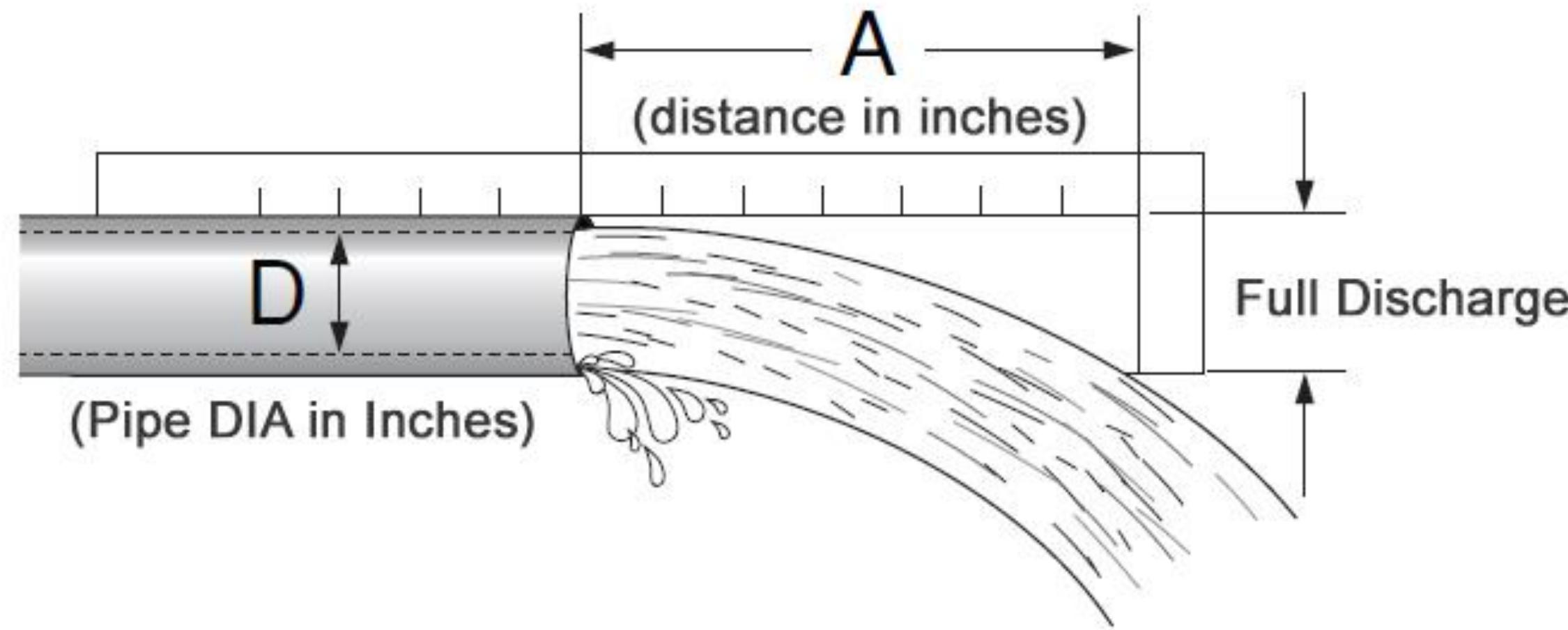


!!!



Measurements in Pressure Conduits

Trajectory Methods or Jet Flow



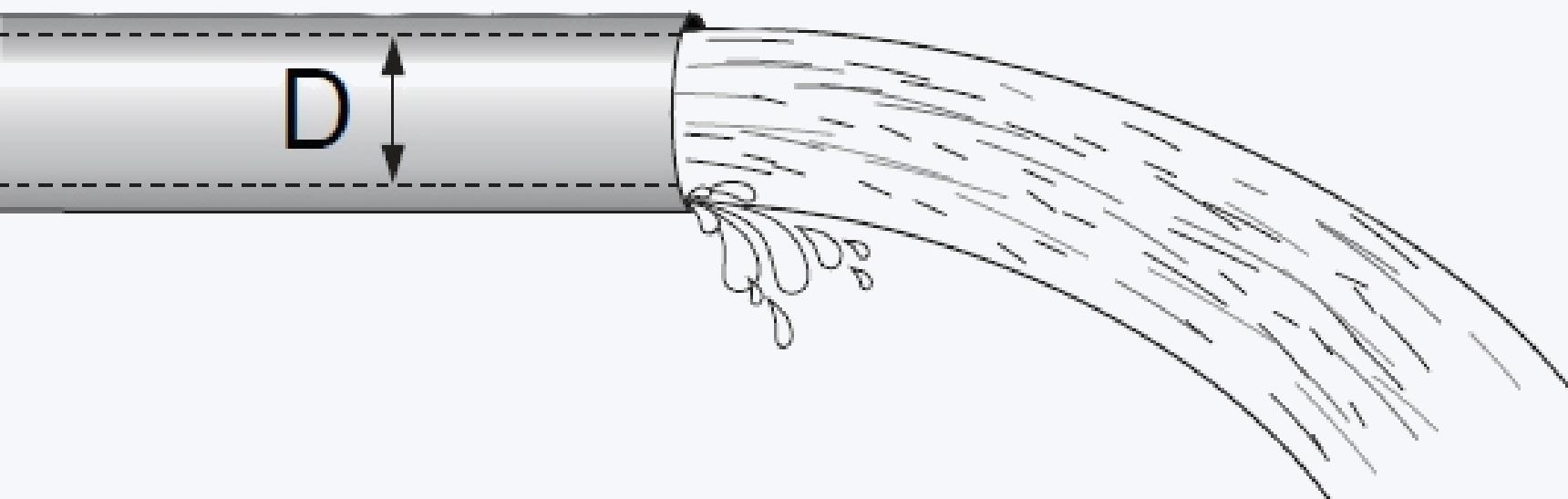
Fifth Session

Theory

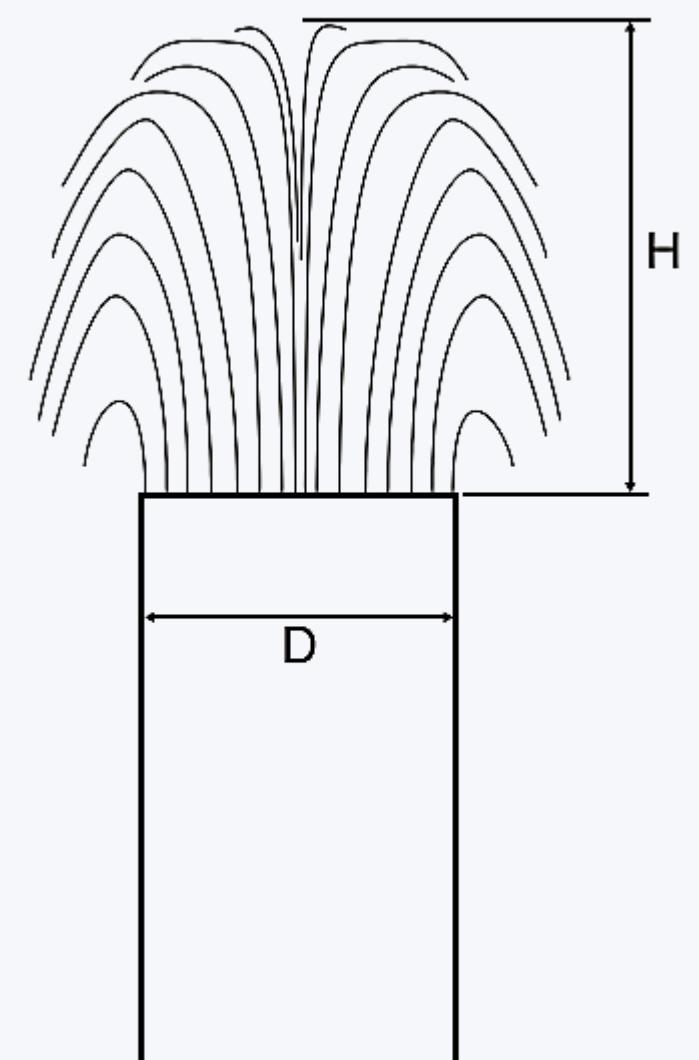
Trajectory Methods consist of measuring the **Horizontal** and **Vertical** coordinates of a point in the jet issuing from the end of a pipe (**stock, 1955**).

The principal difficulty with this method is in Measuring the Coordinates of the Flowing Stream Accurately.

Horizontal Pipes

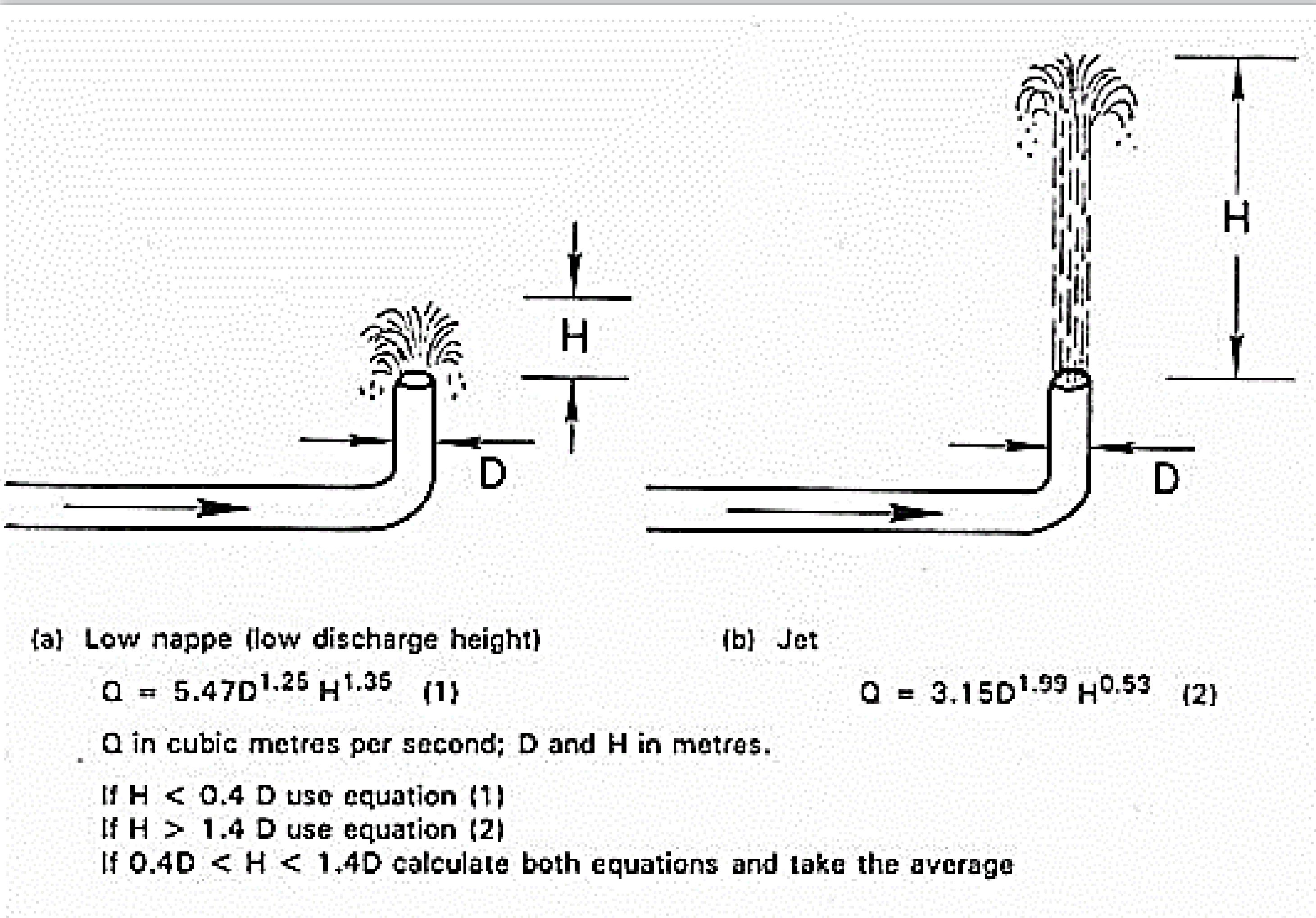


Vertical Pipes



Vertical Pipes

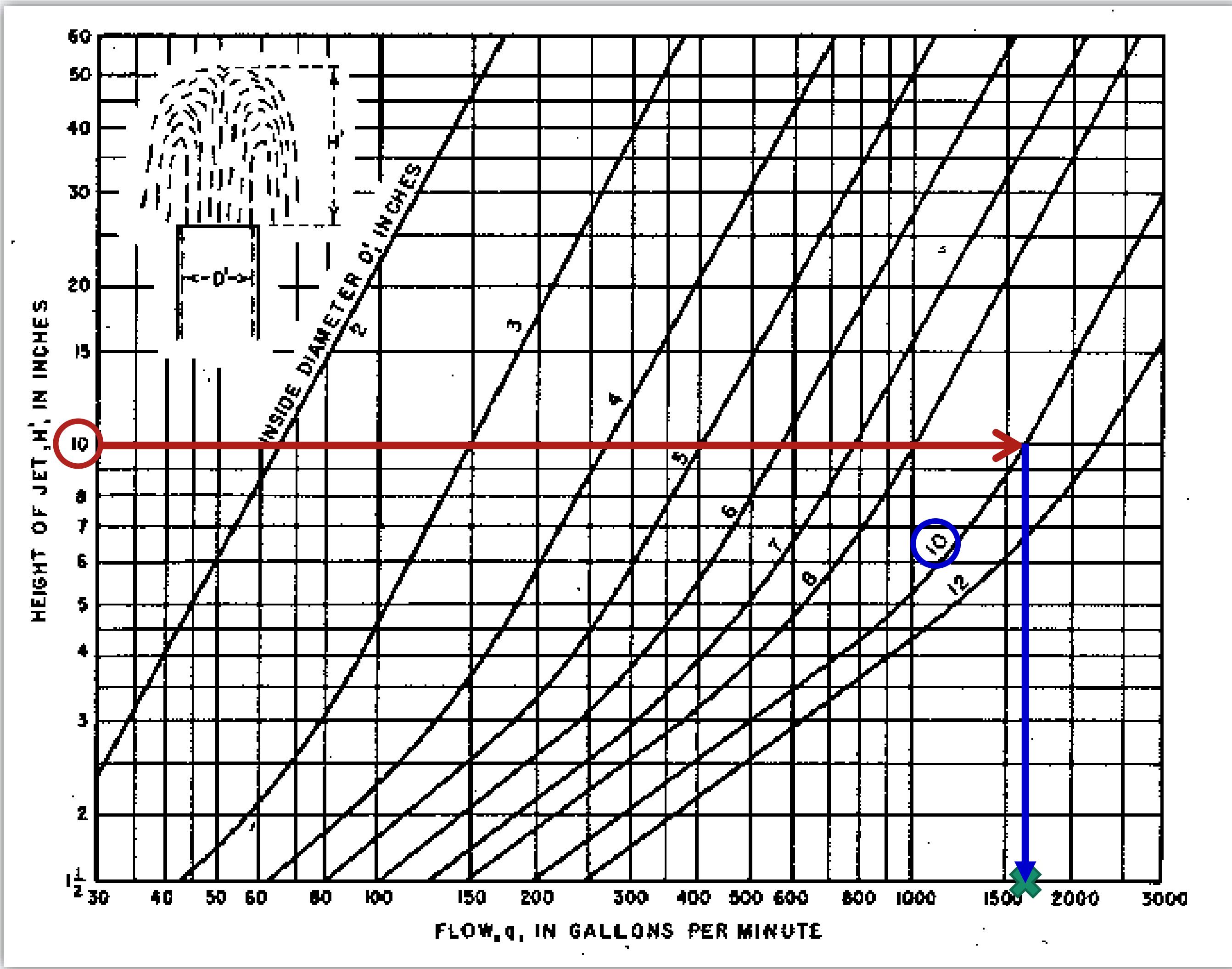
Theory



Vertical Pipes

Theory

Discharge curves for measurement of flow from vertical standard pipes. The curves are based on data from experiments of Lawrence and Braunworth, American Society of Civil Engineers, Transactions, Vol. 57, 1906 (courtesy of Utah State University)



Vertical Pipes

Theory

Table prepared from discharge curves in Utah Engineering Experimental Station, Bulletin 5, "Measurement of Irrigation Water," June 1955

Jet height (inches)	Diameter of pipe (inches)								
	2 Std. ²	3 Std.	4 O.D. ³ Std.	5 O.D. Std.	6 O. D. Std	8 O.D. Std.	10 O.D. Std.	12 O.D. Std.	
	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	
2	28	57	75 86	103 115	137 150	200 215	265 285	330 355	
2 ½	31	69	95 108	132 150	182 205	275 290	357 385	450 480	
3	34	78	112 128	160 183	225 250	340 367	450 490	570 610	
3 ½	37	86	124 145	183 210	262 293	405 440	555 610	705 755	
4	40	92	135 160	205 235	295 330	465 510	660 725	845 910	
4 ½	42	98	144 173	225 257	320 365	520 570	760 845	980 1060	
5	45	104	154 184	240 275	345 395	575 630	840 940	1120 1200	
6	50	115	169 205	266 306	385 445	670 730	1000 1125	1370 1500	
7	54	125	186 223	293 336	420 485	750 820	1150 1275	1600 1730	
8	58	134	202 239	315 360	450 520	810 890	1270 1420	1775 1950	
9	62	143	215 254	335 383	480 550	870 955	1360 1550	1930 2140	
10	66	152	227 268	356 405	510 585	925 1015	1450 1650	2070 2280	
12	72	167	255 295	390 450	565 650	1010 1120	1650 1850	2300 2550	
14	78	182	275 320	420 485	610 705	1100 1220	1730 2000	2530 2800	
16	83	195	295 345	455 520	655 755	1180 1300	1870 2140	2720 3000	
18	89	208	315 367	480 555	700 800	1265 1400	2000 2280	2900	
20	94	220	333 388	510 590	740 850	1335 1480	2100 2420		
25	107	248	377 440	580 665	830 960	1520 1670	2380 2720		
30	117	275	420 485	640 740	925 1050	1690 1870	2650 3000		
35	127	300	455 525	695 800	1000 1150	1820 2020	2850		
40	137	320	490 565	745 865	1075 1230	1970 2160			

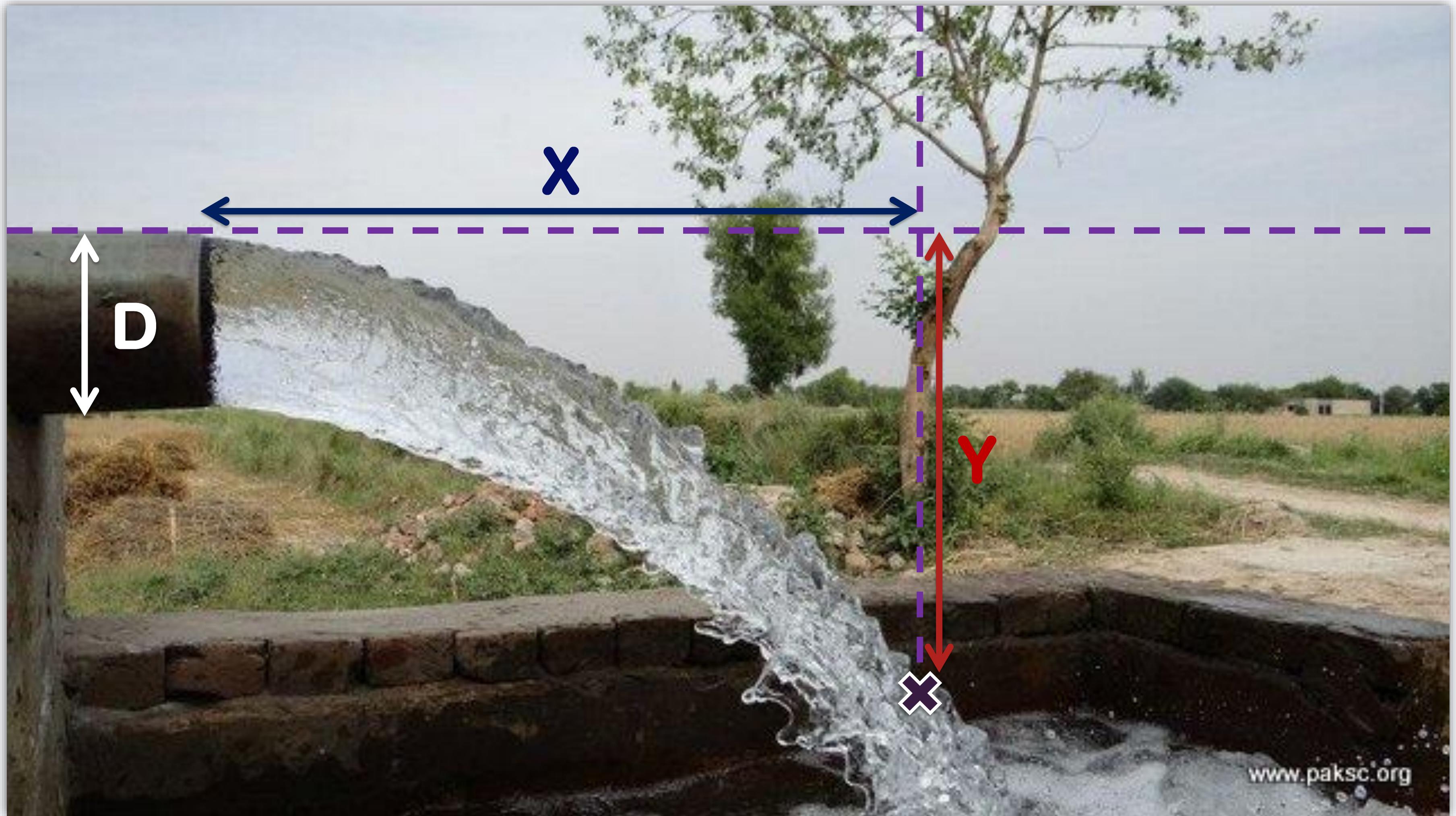
¹ Table prepared from discharge curves in Utah Engineering Experimental Station, Bulletin 5, "Measurement of Irrigation Water," June 1955.

² Standard pipe.

³ Outside diameter of well casing.

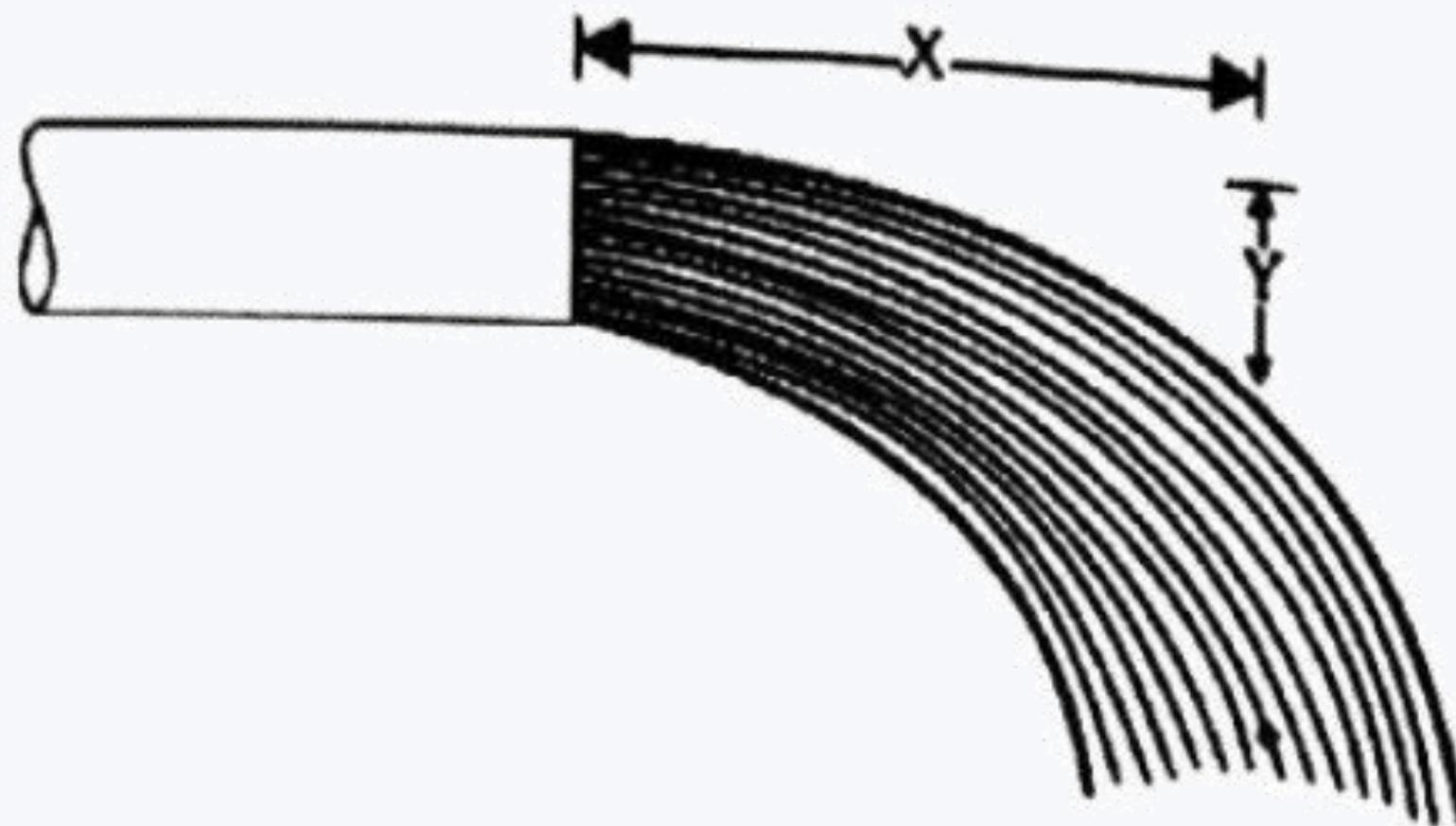
Horizontal Pipes

Theory



Horizontal Pipes

Theory



$$Q = \frac{\pi D^2 x}{4 \sqrt{\frac{2y}{g}}}$$

Horizontal Pipes

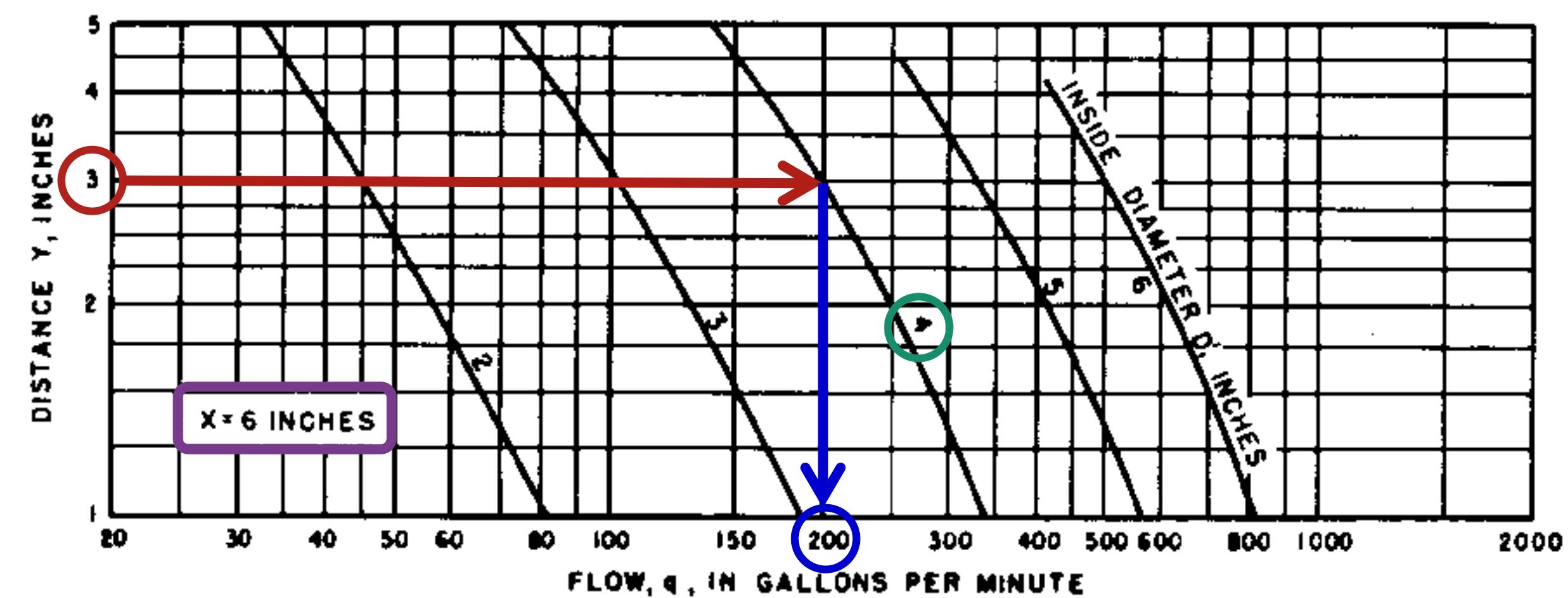
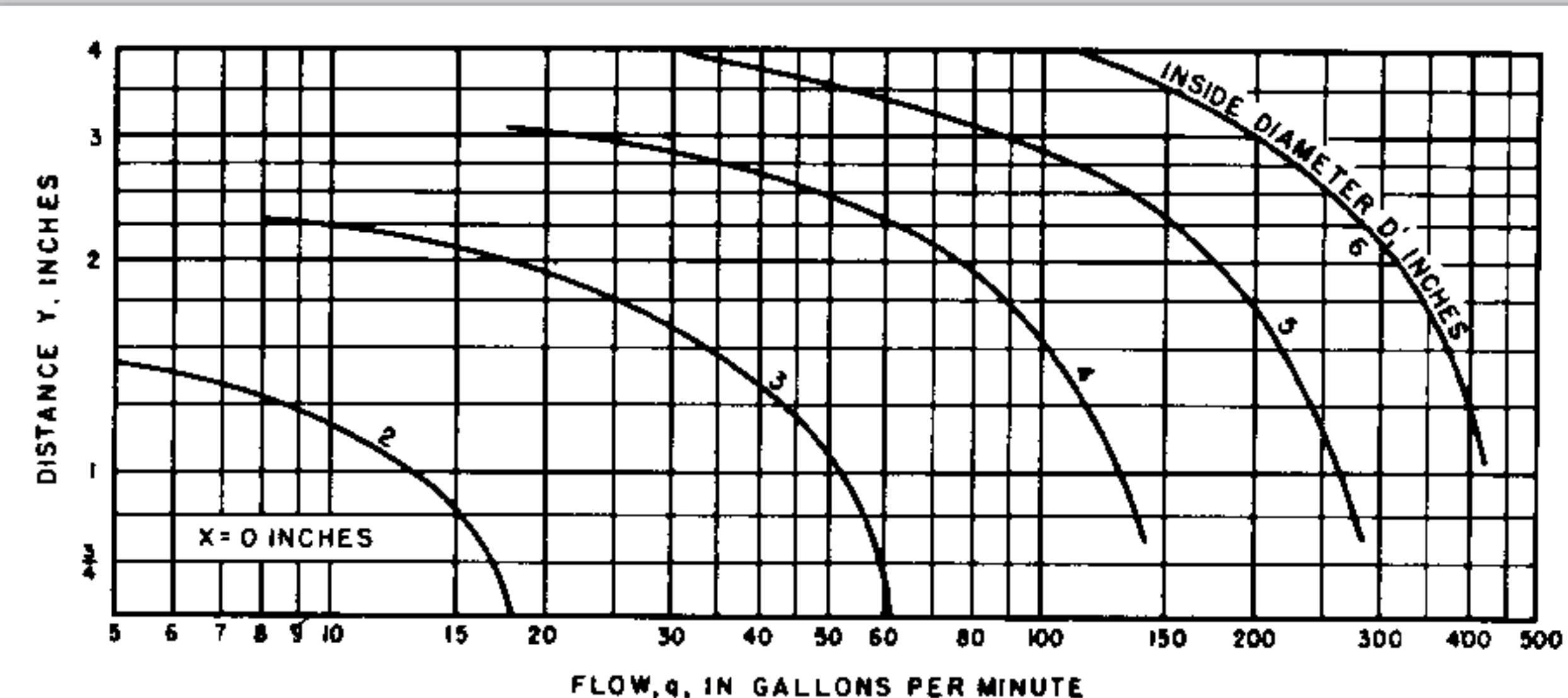
Theory

$$Q = 3.151C\mathbf{D}^2 \frac{x}{\sqrt{y}}$$

y/D	x/D							
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	5.00	8.00
0.5	1.44	1.28	1.18	1.13	1.10	1.06	1.03	1.00
1.0	1.37	1.24	1.17	1.12	1.09	1.06	1.03	1.00
2.0		1.11	1.09	1.08	1.07	1.05	1.03	1.00
3.0			1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.00
4.0				1.01	1.01	1.02	1.03	1.02
5.0					0.99	1.00	1.01	1.00

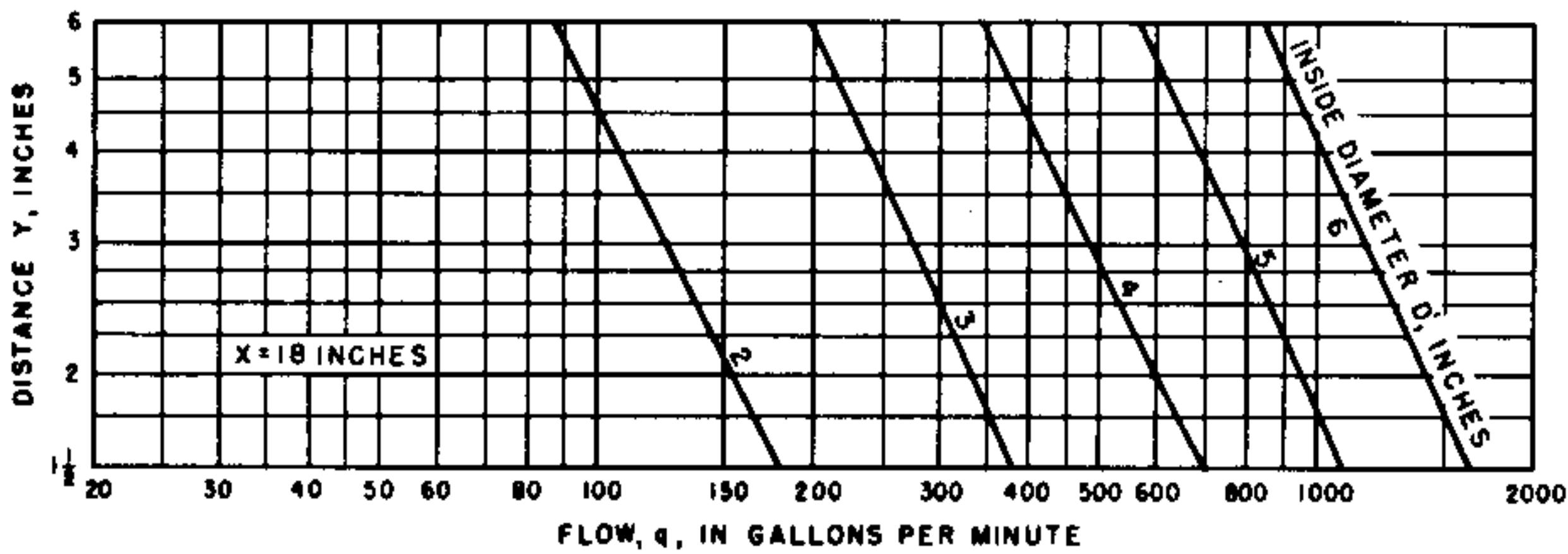
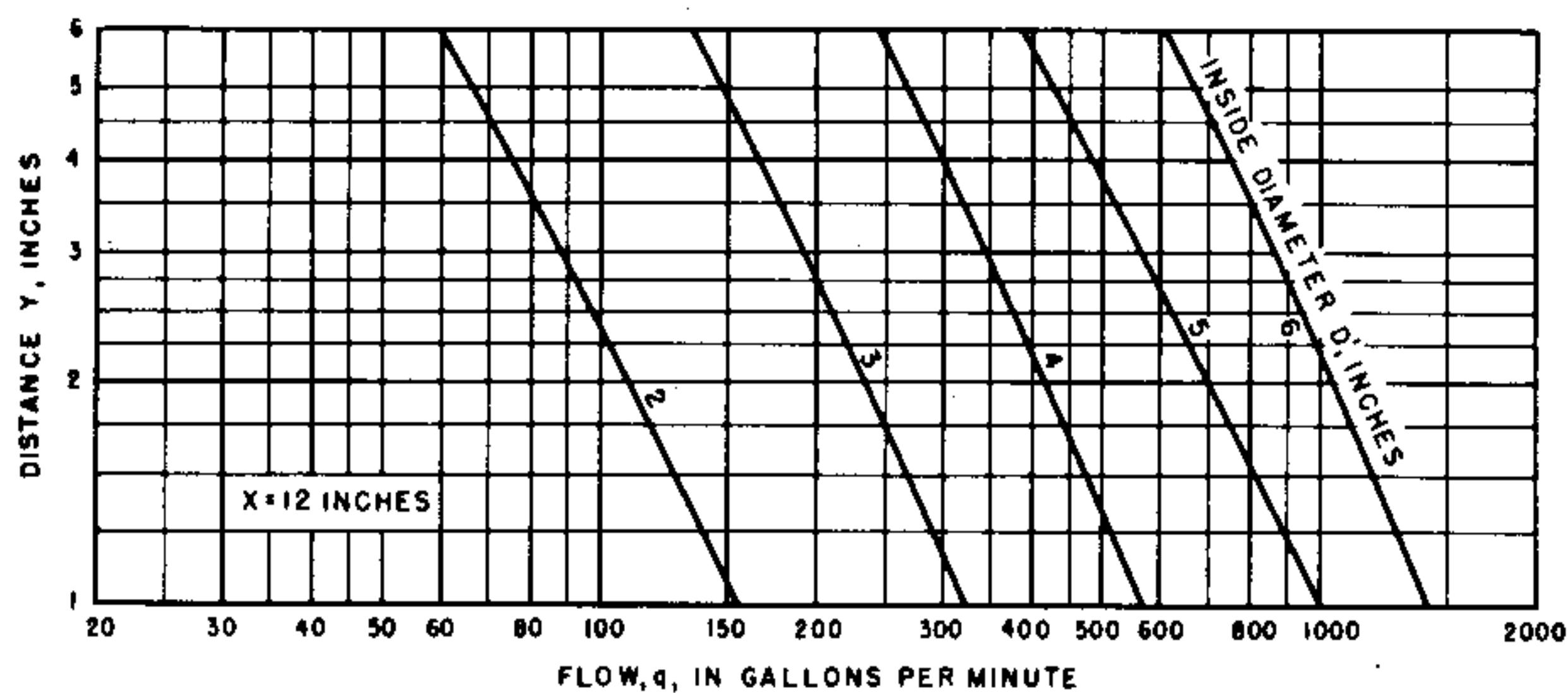
Horizontal Pipes

Theory



Horizontal Pipes

Theory



Horizontal Pipes

Theory

Y (inches)	WHEN X=0 Size of pipe (nominal diameter)				
	2-inch	3-inch	4-inch	5-inch	6-inch
	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.
0.20		67.7	180	308	
.30		66.5	175	303	530
.40		65.1	171	298	518
.50		63.6	166	293	506
.60	18.3	62.0	161	287	494
.70	17.6	60.4	156	282	482
.80	16.7	58.4	150	277	470
.90	15.4	55.7	145	271	458
1.00	13.7	53.1	139	265	446
1.20	9.5	46.9	128	251	422
1.40	6.0	40.5	115	237	398
1.60		31.9	102	221	373
1.80		24.0	90	205	347
2.00		17.3	77	187	321
2.20		11.8	64	167	295
2.40		7.3	52	147	270
2.60			41	127	246
2.80				108	223
3.00				90	200
3.30				65	167
3.60				45	137
3.90				29	111
4.20					86
4.50					64
4.80					45

¹See footnote at end of table.

Y (inches)	WHEN X=6 INCHES Size of pipe (nominal diameter)				
	2-inch	3-inch	4-inch	5-inch	6-inch
	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.
0.24	177	310	548		
.36	146	274	503	969	1243
.48	126	247	462	857	1113
.60	111	229	435	772	1019
.72	100	215	404	705	947
.84	92	202	377	646	889
.96	85	193	355	606	844
1.08	79	184	337	574	808
1.20	75	175	319	543	772
1.80	60	139	265	449	660
2.40	51	119	229	390	583
3.00	45	105	206	350	525
3.60	40	94	188	314	476
4.20	37	86	169	278	431
4.80	35	79	151	238	386
5.40	32	71	133	193	332
6.00	30	63	116	150	247
6.60	27	50	99	112	
7.20	25	38	83		
7.80	23	29	69		
8.40	20				

Y (inches)	WHEN X=12 INCHES Size of pipe (nominal diameter)				
	2-inch	3-inch	4-inch	5-inch	6-inch
	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.
.96		157	319	570	1014
1.08		148	305	548	974
1.20		139	292	530	925
1.80		114	247	444	763
2.40		99	215	395	655
3.00		87	193	359	583
3.60		79	176	332	530
4.20		73	161	305	489
4.80		68	149	287	458
5.40		63	140	269	426
6.00		60	132	256	404
6.60		57	126	242	386
7.20		54	120	233	368
7.80		52	114	224	355
					525

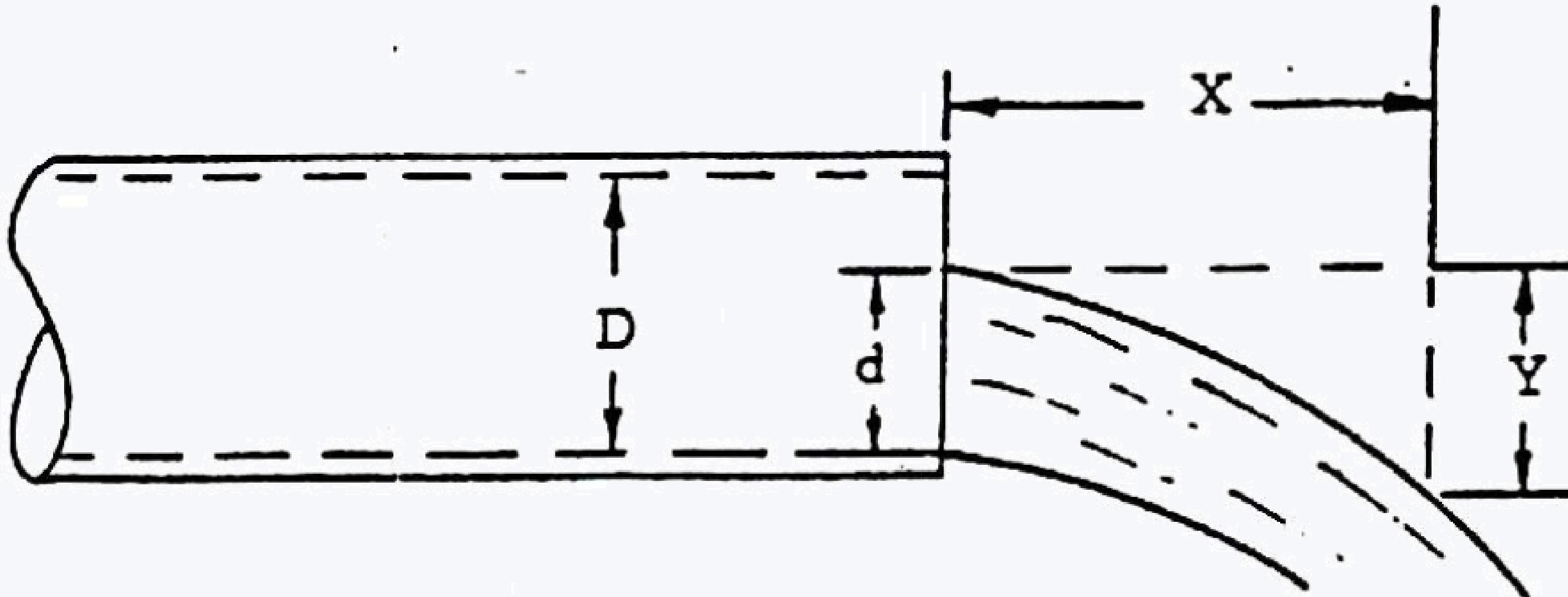
¹See footnote at end of table.

Y (inches)	WHEN X=18 INCHES Size of pipe (nominal diameter)				
	2-inch	3-inch	4-inch	5-inch	6-inch
	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.	G.p.m.
1.80		166	346	624	1014
2.40		144	305	557	907
3.00		129	274	503	826
3.60		117	251	462	754
4.20		109	233	431	700
4.80		101	220	404	655
5.40		95	206	382	615
6.00		89	197	364	579
6.60		84	187	346	548
7.20		81	180	332	521
7.80		77	172	319	498
8.40		75	166	305	476
					705

¹ Table for standard steel pipe prepared from data resulting from actual experiments conducted at Purdue University Experimental Station, Bulletin 32, "Measurement of Pipe Flow by the Coordinate Method," August 1928.

Horizontal Pipes

Theory



Any Questions?

