ชื่อ-สกุล.....
รหัสนักศึกษา.....

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2550

สอบวันที่ 28 กรกฎาคม 2550 เวลา 13.30-16.30

วิชา 223-371 Unit Operations for Environmental Engineering I ห้องสอบ R300

คำชี้แจง

1. ข้อสอบมีทั้งหมด **7 ข้อ** จำนวน **12 หน้า** คะแนนรวม **120 คะแนน**
   (คะแนนสุทธิ 30 คะแนน)
2. ให้ทำข้อสอบทุกข้อโดยทำในที่ว่างที่เว้นไว้ให้หรือด้านหลังข้อสอบ
3. **อนุญาต**ให้นำเครื่องคิดเลข เข้าห้องสอบได้ทุกรุ่น
4. **ไม่อนุญาตให้เปิด เอกสาร หนังสือ หรือ ตำราใด ๆ ระหว่างการสอบ**
5. **ห้ามหยิบหรือยืมสิ่งของใด ๆ** ของผู้อื่นในห้องสอบ
6. **จงเขียนชื่อ-สกุล รหัสนักศึกษาในทุกหน้าของข้อสอบ**

ชื่อ-สกุล.....รหัสนักศึกษา.....

ข้อที่	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1	15	
2	10	
3	15	
4	30	
5	30	
6	10	
7	10	
รวม	120	

ผศ.ดร. พรทิพย์ ศรีแดง: ผู้ออกข้อสอบ

ทุจริตในการสอบ โทษขั้นต่ำ คือ พักการเรียน 1 ภาคการศึกษา และ ปรับตกในรายวิชาที่ทุจริต

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

1. **(รวม = 15 คะแนน) จงให้ความหมาย-คำนิยามที่ถูกต้องของคำสำคัญทางวิชาการต่อไปนี้** ข้อละ 1.5 คะแนน

1) Trash rack and Microstrainer .....

.....

2) Vortex Grit Chamber .....

.....

.....

3) Flocculent Settling Type .....

.....

.....

4) Jar Testing .....

.....

.....

5) Surface overflow rate .....

.....

.....

6) Coagulants .....

.....

.....

7) Weir loading rate .....

.....

.....

8) Clogging .....

.....

.....

9) Terminal settling velocity .....

.....

.....

10) Filter Media bed .....

.....

.....

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

2. (10 คะแนน) จงแสดงลำดับของหน่วยปฏิบัติการต่าง ๆ ในระบบผลิตน้ำที่ใช้แหล่งน้ำดิบเป็นน้ำผิวดิน เปรียบเทียบกับระบบผลิตน้ำที่ใช้แหล่งน้ำดิบเป็นน้ำใต้ดิน และให้เหตุผลของการใช้หน่วยปฏิบัติการของแต่ละระบบ

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

3. (15 คะแนน) น้ำเสียมีอัตราการไหลของน้ำสูงสุดเท่ากับ 1.60 ลบ.ม.ต่อวินาทีเข้าสู่ตะแกรงหยาบที่ทำหน้าที่ดักขยะ จำนวน 2 ชุด โดยมีความเร็วของน้ำไหลผ่านตะแกรงสูงสุดเท่ากับ 0.60 เมตรต่อวินาที ทั้งนี้ความเร็วของน้ำไหลผ่านตะแกรงสะอาดเท่ากับ 0.90 เมตรต่อวินาที โดยกำหนดให้สัมประสิทธิ์ค่าสูญเสียระดับน้ำสำหรับตะแกรงสะอาด เท่ากับ 0.7 และสัมประสิทธิ์ค่าสูญเสียระดับน้ำสำหรับตะแกรงอุดตัน เท่ากับ 0.6

กำหนดให้ $h_L = (1/C)\left[(V^2-v^2)/(2g)\right]$

$h_L = (1/2g)\left[(Q)/(CA)\right]^2$

$h_L = \beta(w/b)^{4/3}\ (v^2/2g)\ \sin O$

จงหา....

a. (8 คะแนน) ค่าสูญเสียระดับน้ำเนื่องจากน้ำไหลผ่านตะแกรงสะอาด และค่าสูญเสียระดับน้ำเนื่องจากน้ำไหลผ่านตะแกรงที่อุดตันแล้ว 50%

b. (7 คะแนน) พื้นที่ช่องว่างระหว่างแท่งตะแกรง และมุมเอียงของตะแกรงเมื่อน้ำไหลผ่านตะแกรงสะอาดที่ทำจากแท่งเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร มีขนาดรูช่องเปิดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร (กำหนดค่า shape factor เท่ากับ 1.8)

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

4. (30 คะแนน) ถังกวนเร็วรูปทรงสี่เหลี่ยมรับน้ำเข้าระบบ 100,000 ลบ.ม.ต่อวัน มีอัตราส่วนของความลึกต่อความกว้างของถัง เท่ากับ 1.3 โดยมีค่า velocity gradient 900 วินาที$^{-1}$ ให้มีระยะเวลากักพัก 60 วินาที และเดินระบบที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส โดยใช้ชุดกวนเร็วแบบ blade turbine มีสี่ใบพัดมีอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางใบกวน เท่ากับ 0.15 ที่ให้ค่า power number เท่ากับ 0.26

ให้ $N_R = (d^2 n \rho)/(\mu)$

$G = (P/ \mu V)^{1/2}$

$G = (\gamma h_L/ \mu T)^{1/2}$

$P = (C_D \rho/2)^*(A_1 v_1^3 + A_2 v_2^3 + A_3 v_3^3 + ...)$

$P = N_p \mu n^2 d^3$

$P = N_p \rho n^3 d^5$

จงหา....

a. (5 คะแนน) ปริมาตรและขนาดของถังกวนเร็วเมื่อกำหนดให้มีจำนวน 4 ถัง

b. (5 คะแนน) พลังงานที่ต้องใช้ในการกวนเร็ว

c. (5 คะแนน) ให้ตรวจสอบว่า สภาวะที่กำหนดในการออกแบบนี้มีค่าเรย์โนว์อยู่ในช่วงสภาวะใด

d. (15 คะแนน) จงหาปริมาตรและขนาดถังกวนช้าที่มี 2 ระดับขั้นการกวน พลังงานที่ต้องใช้ในการกวนช้า เมื่อออกแบบให้มีค่า mean velocity gradient เท่ากับ 60 และ 30 วินาที$^{-1}$ และระยะเวลากักพักรวมในถังกวนช้าเท่ากับ 30 นาที

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

5. (30 คะแนน) จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

5.1 (10 คะแนน) และจงบอกตำแหน่งที่ปรากฏอยู่ของถังตกตะกอนในระบบผลิตน้ำประปา และ ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอเอส พร้อมบอกรูปแบบการตกตะกอนในถังตกตะกอนของแต่ละระบบฯ ดังกล่าว ว่าเป็นการตกตะกอนรูปแบบใด

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

5.2 (20 คะแนน) ออกแบบถังตกตะกอนแรกจำนวน 6 ถัง เพื่อรับค่าอัตราการไหลเข้าเฉลี่ยของน้ำเท่ากับ 3,000 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง ระยะเวลากักพัก 4 ชั่วโมง และมีค่าอัตราน้ำล้นผิว 36 ลบ.ม./(ตร.ม.วัน) สำหรับแยกอนุภาคขนาดเฉลี่ย 0.5 มม. มีความหนาแน่น เท่ากับ 3 กก.ต่อ ลบ.ม. มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.05 โดยน้ำมีอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส กำหนดให้:

$V_S = [(gd^2)(\rho_s - \rho)]/(18\,\mu)$

$V_S = [(4dg)(\rho_s - \rho)/(3\,C_D\,\rho)]^{1/2}$

$Vs = [(gd^2)(S_g - 1)]/(18\,\nu)$

จงหา...

a. (10 คะแนน) พื้นที่หน้าตัดถังตกตะกอนทรงสี่เหลี่ยมแต่ละถัง และขนาดของถังตกตะกอนแต่ละถัง (กว้าง ยาว ลึก) โดยกำหนดให้ มีความยาว: ความกว้าง เท่ากับ 4:1

b. (10 คะแนน) ความเร็วปลายทางของการตกตะกอนอนุภาคในน้ำ (terminal settling velocity) และสัดส่วนของอนุภาคที่ถูกกำจัดด้วยถังตกตะกอนนี้

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

6. (10 คะแนน) จงอธิบายกลไกของการกรองทั่วไปที่เกิดขึ้นในถังกรองทราย และรูปแบบการกรองที่เกิดขึ้นในระบบผลิตน้ำประปาของเมือง

ชื่อ-สกุล.....

รหัสนักศึกษา.....

7. (10 คะแนน) ระบบถังกรองทรายทั่วไปมีองค์ประกอบอะไรบ้าง จงวาดภาพประกอบ พร้อมสรุปข้อพิจารณาสำคัญสำหรับการดูแลและเดินระบบกรองให้มีประสิทธิภาพ

Conversion Factors — Appendix

Table A–1
Metric conversion factors (SI units to U.S. customary units)

Multiply SI unit		by	To obtain U.S. customary units	
Name	**Symbol**		**Symbol**	**Name**
Acceleration				
meters per second squared	m/s^2	3.2808	ft/s^2	feet per second squared
meters per second squared	m/s^2	39.3701	in/s^2	inches per second squared
Area				
hectare (10,000 m^2)	ha	2.4711	ac	acre
square centimeter	cm^2	0.1550	in^2	square inch
square kilometer	km^2	0.3861	mi^2	square mile
square kilometer	km^2	247.1054	ac	acre
square meter	m^2	10.7639	ft^2	square foot
square meter	m^2	1.1960	yd^2	square yard
Energy				
kilojoule	kJ	0.9478	Btu	British thermal unit
joule	J	2.7778×10^{-7}	kW·h	kilowatt-hour
joule	J	0.7376	$ft{\cdot}lb_f$	foot-pound (force)
joule	J	1.0000	W·s	watt-second
joule	J	0.2388	cal	calorie
kilojoule	kJ	2.7778×10^{-4}	kW·h	kilowatt-hour
kilojoule	kJ	0.2778	W·h	watt-hour
megajoule	kJ	0.3725	hp·h	horsepower-hour
Force				
newton	N	0.2248	lb_f	pound force
Flowrate				
cubic meters per day	m^3/d	264.1720	gal/d	gallons per day
cubic meters per day	m^3/d	2.6417×10^{-4}	Mgal/d	million gallons per day
cubic meters per second	m^3/s	35.3147	ft^3/s	cubic feet per second
cubic meters per second	m^3/s	22.8245	Mgal/d	million gallons per day
cubic meters per second	m^3/s	15,850.3	gal/min	gallons per minute
liters per second	L/s	22,824.5	gal/d	gallons per day
liters per second	L/s	2.2825×10^{-2}	Mgal/d	million gallons per day
liters per second	L/s	15.8508	gal/mm	gallons per minute

(continued)

Table A–1 *(Continued)*

Multiply SI unit		by	To obtain U.S. customary unit	
Name	Symbol		Symbol	Name
Length				
centimeter	cm	0.3937	in	inch
kilometer	km	0.6214	mi	mile
meter	m	39.3701	in	inch
meter	m	3.2808	ft	foot
meter	m	1.0936	yd	yard
millimeter	mm	3.9370×10^{-2}	in	inch
Mass				
gram	g	3.5274×10^{-2}	oz	ounce
gram	g	2.2046×10^{-3}	lb	pound
kilogram	kg	2.2046	lb	pound
megagram (10^3 kg)	Mg	1.1023	ton	ton (short: 2000 lb)
Power				
kilowatt	kW	0.9478	Btu/s	British thermal units per second
kilowatt	kW	1.3410	hp	horsepower
watt	W	0.7376	ft-lb_f/s	foot-pounds (force) per second
Pressure (force/area)				
Pascal (newtons per square meter)	Pa (N/in^2)	1.4504×10^{-4}	lb_f/in^2	pounds (force) per square inch
Pascal (newtons per square meter)	Pa (N/in^2)	2.0885×10^{-2}	lb_f/ft^2	pounds (force) per square foot
Pascal (newtons per square meter)	Pa (N/in^2)	2.9613×10^{-4}	inHg	inches of mercury (60°F)
Pascal (newtons per square meter)	Pa (N/in^2)	4.0187×10^{-3}	in H_2O	inches of water (60°F)
kilopascal (kilonewtons per square meter)	kPa (kN/m^2)	0.1450	lb_f/in^2	pounds (force) per square inch
kilopascal (kilonewtons per square meter)	kPa (kN/m^2)	9.8688×10^{-3}	atm	atmosphere (standard)
Temperature				
degree Celsius (centigrade)	°C	1.8(°C) + 32	°F	degree Fahrenheit
degree Kelvin	K	1.8(K) − 459.67	°F	degree Fahrenheit
Velocity				
kilometers per second	km/s	2.2369	mi/h	miles per hour
meters per second	m/s	3.2808	ft/s	feet per second
Volume				
cubic centimeter	cm^3	6.1024×10^{-2}	in^3	cubic inch
cubic meter	m^3	35.3147	ft^3	cubic foot
cubic meter	m^3	1.3079	yd^3	cubic yard
cubic meter	m^3	264.1720	gal	gallon
cubic meter	m^3	8.1071×10^{-4}	ac-ft	acre-foot
liter	L	0.2642	gal	gallon
liter	L	3.5315×10^{-2}	ft^3	cubic foot
liter	L	33.8150	oz	ounce (U.S. fluid)

Table A–2
U.S. customary conversion factors (U.S. customary units to SI units)

Multiply U.S. customary unit			To obtain SI unit	
Name	Symbol	by	Symbol	Name
Acceleration				
feet per second squared	ft/s^2	0.3048[a]	m/s^2	meters per second squared
inches per second squared	in/s^2	2.54×10^{-2}[a]	m/s^2	meters per second squared
Area				
acre	ac	4046.8564	m^2	square meter
acre	ac	0.4047	ha[a]	hectare
square foot	ft^2	9.2903×10^{-2}[a]	m^2	square meter
square inch	in^2	6.4516	cm^2	square centimeter
square mile	mi^2	2.5900	km^2	square kilometer
square yard	yd^2	0.8361	m^2	square meter
Energy				
British thermal unit	Btu	1.0551	kJ	kilojoule
British thermal units per kilowatt-hour	Btu/kWh	1.0551	kJ/kW·h	kilojoules per kilowatt-hour
watt-hour	W·h	3.600[a]	kJ	kilojoule
watt-second	W·s	1.000[a]	J	Joule
Force				
pound (force)	lb_f	4.4482	N	Newton
Flowrate				
cubic feet per minute	ft^3/min	4.7190×10^{-4}	m^3/s	cubic meters per second
cubic feet per minute	ft^3/min	0.4719	L[a]/s	liters per second
cubic feet per second	ft^3/s	2.8317×10^{-2}	m^3/s	cubic meters per second
gallons per day	gal/d	4.3813×10^{-5}	m^3/s	cubic meters per second
gallons per day	gal/d	4.3813×10^{-2}	L/s	liters per second
gallons per minute	gal/min	6.3090×10^{-5}	m^3/s	cubic meters per second
gallons per minute	gal/min	6.3090×10^{-2}	L[a]/s	liters per second
million gallons per day	Mgal/d	43.8126	L/s	liters per second
million gallons per day	Mgal/d	3.7854×10^{3}	m^3/d	cubic meters per day
million gallons per day	Mgal/d	4.3813×10^{-2}	m^3/s	cubic meters per second
Length				
foot	ft	0.3048[a]	m	meter
inch	in	2.54[a]	cm	centimeter
inch	in	2.54×10^{-2}[a]	m	meter
inch	in	25.4[a]	mm	millimeter
miles	mi	1.6093	km	kilometer
yard	yd	0.9144[a]	m	meter

(continued)

Table A–2 (*Continued*)

Multiply customary unit			To obtain SI unit	
Name	Symbol	by	Symbol	Name
Mass				
ounce	oz	28.3495	g	gram
pound (mass)	lb_m	4.5359×10^2	g	gram
ton (short: 2000 lb)	ton	0.9072	Mg	megagram (10^3 kilogram)
ton (long: 2240 lb)	ton	1.0160	Mg	megagram (10^3 kilogram)
Power				
British thermal unit	Btu/s	1.0551	kW	kilowatt
foot pound (force) per second	$ft\text{-}lb_f/s$	1.3558	W	watt
horsepower	hp	0.7457	kW	kilowatt
horsepower-hour	hp-h	2.6845	MJ	megajoule
kilowatt-hour	kWh	3.6000	MJ	megajoule
Pressure (force/area)				
atmosphere (standard)	atm	1.0133×10^2	kPa (kN/m^2)	kilopascal (kilonewton per square meter)
inches of mercury (60°F)	in Hg (60°F)	3.3768×10^3	Pa (N/in^2)	Pascal (newtons per square meter)
inches of water (60°F)	in H_2O (60°F)	2.4884×10^2	Pa (N/in^2)	Pascal (newtons per square meter)
pounds per square foot	lb_f/ft^2	47.8803	Pa (N/m^2)	pascal (newtons per square meter)
pounds per square inch	lb_f/in^2	6.8948×10^3	Pa (N/m^2)	Newtons per square meter
pounds per square inch	lb_f/in^2	6.8948	kPa (N/m^2)	kilonewtons per square meter
Temperature				
degree Fahrenheit	°F	0.555 (°F − 32)	°C	degree Celsius (centigrade)
degree Fahrenheit	°F	0.555 (°F + 459.67)	K	degree Kelvin
Velocity				
feet per minute	ft/min	5.0800×10^{-3}	m/s	meters per second
feet per second	ft/s	0.3048[a]	m/s	meters per second
miles per hour	mi/h	1.6093	km/h	kilometers per hour
miles per hour	mi/h	0.44704[a]	m/s	meters per second
Volume				
acre-foot	ac-ft	1.2335×10^3	m^3	cubic meter
cubic foot	ft^3	2.8317×10^{-2}	m^3	cubic meter
cubic foot	ft^3	28.3168	L	liter
cubic inch	in^3	16.3781	cm^3	cubic centimeter
cubic yard	yd^3	0.7646	m^3	cubic meter
gallon	gal	3.7854×10^{-3}	m^3	cubic meter
gallon	gal	3.7854	L	liter
ounce (U.S. fluid)	oz	2.9573×10^{-2}	L	liter

[a] Exact conversion.

Table A–3
Conversion factors used commonly in environmental engineering and scientific computations

SI units	To convert, multiply in direction shown by arrows →	←	U.S. units
cm^2/s^a	0.1550	6.4516	in^2/s
g	3.5274×10^{-2}	28.3495	ounce
g/m^3	8.3454	0.1198	lb/Mgal
ha	2.4711	0.4047	ac
$J/m^2 \cdot °C \cdot s$	0.1763	5.6735	$Btu/ft^2 \cdot °F \cdot h$
kg	2.2046	0.4536	lb
kg/ha	0.8922	1.1209	lb/ac
kg/kW·h	1.6440	0.6083	lb/hp·h
kg/m^2	0.2048	4.8824	lb/ft^2
kg/m^3	6.2429×10^{-2}	16.0181	lb/ft^3
kg/m^3	8345.3205	1.1983×10^{-4}	lb/Mgal
$kg/m^3 \cdot d$	62.4280	1.6018×10^{-2}	$lb/10^3\ ft^3 \cdot d$
$kg/m^3 \cdot h$	6.2428×10^{-2}	16.0185	$lb/ft^3 \cdot h$
kJ	0.9478	1.0551	Btu
kJ/kg	0.4303	2.3241	Btu/lb
kPa (gage)	0.1450	6.8948	lb_f/in^2 (gage)
kPa Hg (15.5°C)	0.2961	3.3768	in Hg (60 °F)
kW/m^3	5.0763	0.1970	$hp/10^3$ gal
$kW/10^3\ m^3$	3.7973×10^{-2}	26.3342	$hp/10^3\ ft^3$
L	0.2642	3.7854	gal
L/m·min	8.0520×10^{-2}	12.4193	gal/ft·min
$L/m^2 \cdot d$	2.4542×10^{-2}	40.7465	$gal/ft^2 \cdot d$
$L/m^2 \cdot min$	2.4542×10^{-2}	40.7465	$gal/ft^2 \cdot min$
$L/m^2 \cdot min$	35.3420	2.8295×10^{-2}	$gal/ft^2 \cdot d$
m	3.2808	0.3048	ft
m/h	3.2808	0.3048	ft/h
m/h	5.4681×10^{-2}	18.2880	ft/min
m/h	0.4090	2.4448	$gal/ft^2 \cdot min$
m^2	10.7639	9.2903×10^{-2}	ft^2
$m^2/10^3 m^3 \cdot d$	2.4542×10^{-3}	407.4611	$ft^2/Mgal \cdot d$
m^2/s	10.7639	9.2903×10^{-2}	ft^2/s
m^3	8.1071×10^{-4}	1.2335×10^{3}	ac·ft
m^3	264.1720	3.7854×10^{-3}	gal
m^3	1.3079	0.7646	yd^3
m^3/capita	35.3147	2.8317×10^{-2}	ft^3/capita
m^3/d	2.6417×10^{-4}	3.7854×10^{3}	Mgal/d

(continued)

Table A–3 (*Continued*)

SI units	To convert, multiply in direction shown by arrow →	← To convert, multiply in direction shown by arrow	US units
m^3/h	0.5886	1.6990	ft^3/min
m^3/s	35.3147	2.8317×10^{-2}	ft^3/s
m^3/s	22.8245	4.3813×10^{-2}	Mgal/d
$m^3/ha{\cdot}d$	106.9064	9.3540×10^{-3}	gal/ac·d
m^3/kg	16.0185	6.2428×10^{-2}	ft^3/lb
$m^3/m{\cdot}d$	80.5196	1.2419×10^{-2}	gal/ft·d
$m^3/m{\cdot}min$	10.7639	9.2903×10^{-2}	$ft^3/ft{\cdot}min$
$m^3/m^2{\cdot}d$	24.5424	4.0746×10^{-2}	$gal/ft^2{\cdot}d$
$m^3/m^2{\cdot}d$	1.7043×10^{-2}	58.6740	$gal/ft^2{\cdot}min$
$m^3/m^2{\cdot}d$	1.0691	0.9354	Mgal/ac·d
$m^3/m^2{\cdot}h$	3.2808	0.3048	$ft^3/ft^2{\cdot}h$
$m^3/m^2{\cdot}h$	589.0173	1.6977×10^{-3}	$gal/ft^2{\cdot}d$
$m^3/m^2{\cdot}min$	24.5425	4.0746×10^{-2}	$gal/ft^2{\cdot}min$
m^3/m^3	0.1337	7.4805	ft^3/gal
$m^3/10^3\ m^3$	133.6805	7.04805×10^{-3}	$ft^3/Mgal$
$m^3/m^3{\cdot}min$	133.6805	7.04805×10^{-3}	$ft^3/10^3$ gal·min
$m^3/m^3{\cdot}min$	1000.0	1×10^{-3}	$ft^3/10^3\ ft^3{\cdot}min$
Mg/ha	0.4461	2.2417	ton/ac
mm	3.9370×10^{-2}	25.4	in
$N{\cdot}s/m^2$	2.0885×10^{-2}	47.8810	$lb{\cdot}s/ft^2$
$W/m^2{\cdot}K$	0.1762	5.6745	$Btu/ft^2{\cdot}h{\cdot}°F$

[a] Although cm is not an SI unit, the coefficient of diffusion is most often expressed in units of cm^2/s in the literature.

or a needle to float on the surface of a liquid. The surface-tension force across any imaginary line at a free surface is proportional to the length of the line and acts in a direction perpendicular to it. The surface tension per unit length s is expressed in Newtons per meter (N/m) in SI units. There is a slight decrease in surface tension with increasing temperature.

VAPOR PRESSURE

Liquid molecules that possess sufficient kinetic energy are projected out of the main body of a liquid at its free surface and pass into the vapor. The pressure exerted by this vapor is known as the vapor pressure p_v. In SI units vapor pressure is expressed in kilonewtons per square meter (kN/m^2). The vapor pressure of water at 15°C is 1.72 kN/m^2.

REFERENCES

Vennard, J.K., and R.L. Street (1975) *Elementary Fluid Mechanics*, 5th ed., Wiley, New York.
Webber, N.B. (1971) *Fluid Mechanics for Civil Engineers*, SI ed., Chapman and Hall, London.

Table C–1
Physical Properties of Water (SI Units)[a]

Temp. (Table), °C	Specific weight, γ, kN/m^3	Density[b], ρ, kg/m^3	Modulus of elasticity[b] $E/10^6$, kN/m^2	Dynamics viscosity, $\mu \times 10^3$, N·s/m^2	Kinematic viscosity, $\nu \times 10^6$, m^2/s	Surface tension[c], σ, N/m	Vapor pressure, p_v, kN/m^2
0	9.805	999.8	1.98	1.781	1.785	0.0765	0.61
5	9.807	1000.0	2.05	1.518	1.519	0.0749	0.87
10	9.804	999.7	2.10	1.307	1.306	0.0742	1.23
15	9.798	999.1	2.15	1.139	1.139	0.0735	1.70
20	9.789	998.2	2.17	1.002	1.003	0.0728	2.34
25	9.777	997.0	2.22	0.890	0.893	0.0720	3.17
30	9.764	995.7	2.25	0.798	0.800	0.0712	4.24
40	9.730	992.2	2.28	0.653	0.658	0.0696	7.38
50	9.689	988.0	2.29	0.547	0.553	0.0679	12.33
60	9.642	983.2	2.28	0.466	0.474	0.0662	19.92
70	9.589	977.8	2.25	0.404	0.413	0.0644	31.16
80	9.530	971.8	2.20	0.354	0.364	0.0626	47.34
90	9.466	965.3	2.14	0.315	0.326	0.0608	70.10
100	9.399	958.4	2.07	0.282	0.294	0.0589	101.33

[a] Adapted from Vennard and Street (1975).
[b] At atmospheric pressure.
[c] In contact with air.