

1.

Converged in 49 iterations.

$u(x,y)$  approximate values:

$$u(0.00, 0.00) = 1.000000$$

$$u(0.31, 0.00) = 0.951057$$

$$u(0.63, 0.00) = 0.809017$$

$$u(0.94, 0.00) = 0.587785$$

$$u(1.26, 0.00) = 0.309017$$

$$u(1.57, 0.00) = 0.000000$$

$$u(1.88, 0.00) = -0.309017$$

$$u(2.20, 0.00) = -0.587785$$

$$u(2.51, 0.00) = -0.809017$$

$$u(2.83, 0.00) = -0.951057$$

$$u(3.14, 0.00) = -1.000000$$

$$u(0.00, 0.31) = 0.951057$$

$$u(0.31, 0.31) = 0.753226$$

$$u(0.63, 0.31) = 0.555909$$

$$u(0.94, 0.31) = 0.333232$$

$$u(1.26, 0.31) = 0.085807$$

$$u(1.57, 0.31) = -0.173196$$

$$u(1.88, 0.31) = -0.424257$$

$$u(2.20, 0.31) = -0.645220$$

$$u(2.51, 0.31) = -0.814475$$

$$u(2.83, 0.31) = -0.915787$$

$$u(3.14, 0.31) = -0.951057$$

$$u(0.00, 0.63) = 0.809017$$

$$u(0.31, 0.63) = 0.564622$$

$$u(0.63, 0.63) = 0.347641$$

$$u(0.94, 0.63) = 0.132648$$

$$u(1.26, 0.63) = -0.086862$$

$$u(1.57, 0.63) = -0.305632$$

$$u(1.88, 0.63) = -0.511151$$

$$u(2.20, 0.63) = -0.686178$$

$$u(2.51, 0.63) = -0.809947$$

$$u(2.83, 0.63) = -0.858894$$

$$u(3.14, 0.63) = -0.809017$$

$$u(0.00, 0.94) = 0.587785$$

$$u(0.31, 0.94) = 0.368085$$

$$u(0.63, 0.94) = 0.176348$$

$$u(0.94, 0.94) = -0.004975$$

$$u(1.26, 0.94) = -0.182347$$

$$u(1.57, 0.94) = -0.353912$$

$$u(1.88, 0.94) = -0.511645$$

$$u(2.20, 0.94) = -0.642021$$

$$u(2.51, 0.94) = -0.724390$$

$$u(2.83, 0.94) = -0.725487$$

$$u(3.14, 0.94) = -0.587785$$

$$u(0.00, 1.26) = 0.309017$$

$$u(0.31, 1.26) = 0.172806$$

$$u(0.63, 1.26) = 0.053087$$

$$u(0.94, 1.26) = -0.058882$$

$$u(1.26, 1.26) = -0.166748$$

$$u(1.57, 1.26) = -0.269910$$

$$u(1.88, 1.26) = -0.364162$$

$$u(2.20, 1.26) = -0.441313$$

$$u(2.51, 1.26) = -0.486321$$

$$u(2.83, 1.26) = -0.467875$$

$$u(3.14, 1.26) = -0.309017$$

$$u(0.00, 1.57) = 0.000000$$

$$u(0.31, 1.57) = 0.000000$$

$$u(0.63, 1.57) = 0.000000$$

$$u(0.94, 1.57) = 0.000000$$

$$u(1.26, 1.57) = 0.000000$$

$$u(1.57, 1.57) = 0.000000$$

$$u(1.88, 1.57) = 0.000000$$

$$u(2.20, 1.57) = 0.000000$$

$$u(2.51, 1.57) = 0.000000$$

$$u(2.83, 1.57) = 0.000000$$

$$u(3.14, 1.57) = 0.000000$$

2.

(a)

Forward-Difference Method					
r	t	T(r,t)			
0.500	0.000	0.000000			
0.600	0.000	20.000000			
0.700	0.000	40.000000			
0.800	0.000	60.000000			
0.900	0.000	80.000000	0.500	3.000	-266337801373.242035
1.000	0.000	100.000000	0.600	3.000	-346239141785.214661
0.500	0.500	66.666667	0.700	3.000	792019671459.953247
0.600	0.500	86.666667	0.800	3.000	-1085931595670.904541
0.700	0.500	97.142857	0.900	3.000	809116631232.810913
0.800	0.500	110.000000	1.000	3.000	220.000000
0.900	0.500	-1986.666667	0.500	3.500	23587502111222.320312
1.000	0.500	120.000000	0.600	3.500	30663752744589.015625
0.500	1.000	-980.952381	0.700	3.500	-60588885441611.531250
0.600	1.000	-1275.238095	0.800	3.500	74395429484736.625000
0.700	1.000	178.095238	0.900	3.500	-52067589869641.148438
0.800	1.000	-44685.238095	1.000	3.500	240.000000
0.900	1.000	79557.777778	0.500	4.000	-1929727339697862.250000
1.000	1.000	140.000000	0.600	4.000	-2508645541607221.000000
0.500	1.500	41225.396825	0.700	4.000	4526624000723858.000000
0.600	1.500	53593.015873	0.800	4.000	-5143899636664818.000000
0.700	1.500	-988169.523810	0.900	4.000	3435883006294363.000000
0.800	1.500	3436666.349206	1.000	4.000	260.000000
0.900	1.500	-3946807.830688	0.500	4.500	150703099593614208.000000
1.000	1.500	160.000000	0.600	4.500	195914029471698496.000000
0.500	2.000	-18077282.539682	0.700	4.500	-333353888300896320.000000
0.600	2.000	-23500467.301587	0.800	4.500	358498799727255424.000000
0.700	2.000	113176760.634920	0.900	4.500	-231161985938037792.000000
0.800	2.000	-236427832.592592	1.000	4.500	280.000000
0.900	2.000	218840314.215167	0.500	5.000	-11433319022499225600.000000
1.000	2.000	180.000000	0.600	5.000	-14863314729248993280.000000
0.500	2.500	2591293362.962957	0.700	5.000	24321322185221967872.000000
0.600	2.500	3368681371.851844	0.800	5.000	-25144030796188065792.000000
0.700	2.500	-9916641613.061207	0.900	5.000	15786961446431629312.000000
0.800	2.500	15993106410.088161	1.000	5.000	300.000000
0.900	2.500	-13000631314.473824	0.500	5.500	851254811631169044480.000000
1.000	2.500	200.000000	0.600	5.500	1106631255120519757824.000000
			0.700	5.500	-1763365212970881908736.000000
			0.800	5.500	1772114922760918269952.000000
			0.900	5.500	-1090634300338830180352.000000
			1.000	5.500	320.000000
			0.500	6.000	-62588357869796933500928.000000
			0.600	6.000	-81364865230736019423232.000000
			0.700	6.000	127296857817265142235136.000000
			0.800	6.000	-125351558613079957700608.000000
			0.900	6.000	76008019587587272343552.000000

1.000	6.000	340.000000
0.500	6.500	4562560253876498635685888.000000
0.600	6.500	5931328330039448655888384.000000
0.700	6.500	-9161744065153006118633472.000000
0.800	6.500	8890697286220067324821504.000000
0.900	6.500	-5332064426607412934344704.000000
1.000	6.500	360.000000
0.500	7.000	-330635584320400133831262208.000000
0.600	7.000	-429826259616520180852588544.000000
0.700	7.000	657976200803558326089547776.000000
0.800	7.000	-631826264449608941427490816.000000
0.900	7.000	375885905821845856643448832.000000
1.000	7.000	380.000000
0.500	7.500	23861057801888240620323995648.000000
0.600	7.500	31019375142454712366616543232.000000
0.700	7.500	-47182693748137190808291901440.000000
0.800	7.500	44965853577315685787750105088.000000
0.900	7.500	-26594046433322371332058382336.000000
1.000	7.500	400.000000
0.500	8.000	-1716959483409260918736198565888.000000
0.600	8.000	-2232047328432039222504555806720.000000
0.700	8.000	3379753171193987911757240205312.000000
0.800	8.000	-3203467284000983729710200520704.000000
0.900	8.000	1886522822915535195292347400192.000000
1.000	8.000	420.000000
0.500	8.500	123290639372860952686425874104320.000000
0.600	8.500	160277831184719247499552891076608.000000
0.700	8.500	-241908408718895867634167496835072.000000
0.800	8.500	228394206022880703931369486548992.000000
0.900	8.500	-134084327680391093728838135316480.000000
1.000	8.500	440.000000
0.500	9.000	-8840141747523171567971280424534016.000000
0.600	9.000	-11492184271780123845407717776687104.000000
0.700	9.000	17305177791100592308288942120108032.000000
0.800	9.000	-16292448661579951560883004480946176.000000
0.900	9.000	9543401559967441872199242378903552.000000
1.000	9.000	460.000000
0.500	9.500	633185158005080143153249459711770624.000000
0.600	9.500	823140705406604200856619556592943104.000000
0.700	9.500	-1237452113076981358629148441574375424.000000
0.800	9.500	1162674864534062082620231395934470144.000000

0.900	9.500	-679938913335240286459720967192051712.000000
1.000	9.500	480.000000
0.500	10.000	-45318423046814463113385129245447028736.000000
0.600	10.000	-58913949960858807714240447462655393792.000000
0.700	10.000	88461992607569090562466328424872935424.000000
0.800	10.000	-82995248745395657086507777571678060544.000000
0.900	10.000	48479253950162197507406332575541624832.000000
1.000	10.000	500.000000

(b)

Backward-Difference Method					
r	t	T(r,t)			
0.500	0.000	0.000000			
0.600	0.000	20.000000			
0.700	0.000	40.000000			
0.800	0.000	60.000000			
0.900	0.000	80.000000			
1.000	0.000	100.000000			
0.500	0.500	15.064181	0.700	3.000	90.816613
0.600	0.500	19.583435	0.800	3.000	138.448474
0.700	0.500	48.881423	0.900	3.000	181.075436
0.800	0.500	74.687478	1.000	3.000	220.000000
0.900	0.500	98.148703	0.500	3.500	30.508767
1.000	0.500	120.000000	0.600	3.500	39.661397
0.500	1.000	17.607977	0.700	3.500	99.190938
0.600	1.000	22.890371	0.800	3.500	151.174008
0.700	1.000	57.310831	0.900	3.500	197.640272
0.800	1.000	87.535270	1.000	3.500	240.000000
0.900	1.000	114.808494	0.500	4.000	33.088535
1.000	1.000	140.000000	0.600	4.000	43.015096
0.500	1.500	20.189374	0.700	4.000	107.565262
0.600	1.500	26.246186	0.800	4.000	163.899541
0.700	1.500	65.692698	0.900	4.000	214.205107
0.800	1.500	100.270828	1.000	4.000	260.000000
0.900	1.500	131.380263	0.500	4.500	35.668303
1.000	1.500	160.000000	0.600	4.500	46.368794
0.500	2.000	22.769427	0.700	4.500	115.939586
0.600	2.000	29.600256	0.800	4.500	176.625075
0.700	2.000	74.067867	0.900	4.500	230.769942
0.800	2.000	112.997305	1.000	4.500	280.000000
0.900	2.000	147.945703	0.500	5.000	38.248072
1.000	2.000	180.000000	0.600	5.000	49.722493
0.500	2.500	25.349227	0.700	5.000	124.313911
0.600	2.500	32.953995	0.800	5.000	189.350608
0.700	2.500	82.442280	0.900	5.000	247.334777
0.800	2.500	125.722932	1.000	5.000	300.000000
0.900	2.500	164.510595	0.500	5.500	40.827840
1.000	2.500	200.000000	0.600	5.500	53.076192
0.500	3.000	27.928999	0.700	5.500	132.688235
0.600	3.000	36.307698	0.800	5.500	202.076141
			0.900	5.500	263.899612
			1.000	5.500	320.000000
			0.500	6.000	43.407608
			0.600	6.000	56.429890
			0.700	6.000	141.062559
			0.800	6.000	214.801674
			0.900	6.000	280.464447
			1.000	6.000	340.000000
			0.500	6.500	45.987376

0.600	6.500	59.783589			
0.700	6.500	149.436883			
0.800	6.500	227.527207			
0.900	6.500	297.029282			
1.000	6.500	360.000000			
0.500	7.000	48.567144			
0.600	7.000	63.137287			
0.700	7.000	157.811207			
0.800	7.000	240.252740			
0.900	7.000	313.594117			
1.000	7.000	380.000000			
0.500	7.500	51.146912			
0.600	7.500	66.490986			
0.700	7.500	166.185532			
0.800	7.500	252.978273			
0.900	7.500	330.158953			
1.000	7.500	400.000000			
0.500	8.000	53.726680			
0.600	8.000	69.844684			
0.700	8.000	174.559856			
0.800	8.000	265.703806			
0.900	8.000	346.723788			
1.000	8.000	420.000000			
0.500	8.500	56.306448			
0.600	8.500	73.198383			
0.700	8.500	182.934180			
0.800	8.500	278.429339			
0.900	8.500	363.288623			
1.000	8.500	440.000000			
0.500	9.000	58.886217			
0.600	9.000	76.552081			
0.700	9.000	191.308504			
0.800	9.000	291.154873			
0.900	9.000	379.853458			
1.000	9.000	460.000000			
0.500	9.500	61.465985	0.500	10.000	64.045753
0.600	9.500	79.905780	0.600	10.000	83.259479
0.700	9.500	199.682828	0.700	10.000	208.057153
0.800	9.500	303.880406	0.800	10.000	316.605939
0.900	9.500	396.418293	0.900	10.000	412.983128
1.000	9.500	480.000000	1.000	10.000	500.000000



Crank-Nicolson Algorithm					
r	t	T(r,t)			
0.500	0.000	0.000000	0.700	3.000	95.472628
0.600	0.000	20.000000	0.800	3.000	141.222224
0.700	0.000	40.000000	0.900	3.000	182.286489
0.800	0.000	60.000000	1.000	3.000	220.000000
0.900	0.000	80.000000	0.500	3.500	36.672960
1.000	0.000	100.000000	0.600	3.500	47.674848
0.500	0.500	17.341767	0.700	3.500	105.409958
0.600	0.500	22.544297	0.800	3.500	155.102846
0.700	0.500	53.451979	0.900	3.500	199.558949
0.800	0.500	78.827488	1.000	3.500	240.000000
0.900	0.500	100.636701	0.500	4.000	40.169384
1.000	0.500	120.000000	0.600	4.000	52.220199
0.500	1.000	21.689045	0.700	4.000	113.420717
0.600	1.000	28.195759	0.800	4.000	167.553044
0.700	1.000	59.095913	0.900	4.000	215.879209
0.800	1.000	87.813962	1.000	4.000	260.000000
0.900	1.000	114.580145	0.500	4.500	43.045301
1.000	1.000	140.000000	0.600	4.500	55.958892
0.500	1.500	23.787890	0.700	4.500	123.062586
0.600	1.500	30.924257	0.800	4.500	181.027149
0.700	1.500	70.428807	0.900	4.500	232.878158
0.800	1.500	103.785906	1.000	4.500	280.000000
0.900	1.500	133.295153	0.500	5.000	46.411700
1.000	1.500	160.000000	0.600	5.000	60.335211
0.500	2.000	27.807745	0.700	5.000	131.309625
0.600	2.000	36.150068	0.800	5.000	193.782480
0.700	2.000	77.412729	0.900	5.000	249.400283
0.800	2.000	114.705714	1.000	5.000	300.000000
0.900	2.000	148.562521	0.500	5.500	49.389033
1.000	2.000	180.000000	0.600	5.500	64.205743
0.500	2.500	30.256584	0.700	5.500	140.760135
0.600	2.500	39.333559	0.800	5.500	207.027628
0.700	2.500	87.837247	0.900	5.500	266.250850
0.800	2.500	129.314719	1.000	5.500	320.000000
0.900	2.500	166.336221	0.500	6.000	52.676434
1.000	2.500	200.000000	0.600	6.000	68.479364
0.500	3.000	33.963053	0.700	6.000	149.163840
0.600	3.000	44.151969	0.800	6.000	219.954380
			0.900	6.000	282.881350
			1.000	6.000	340.000000
			0.500	6.500	55.715336

0.600	6.500	72.429936			
0.700	6.500	158.484820			
0.800	6.500	233.071684			
0.900	6.500	299.653463			
1.000	6.500	360.000000			
0.500	7.000	58.954665			
0.600	7.000	76.641065			
0.700	7.000	166.996619			
0.800	7.000	246.093235			
0.900	7.000	316.340084			
1.000	7.000	380.000000			
0.500	7.500	62.031202			
0.600	7.500	80.640562			
0.700	7.500	176.226586			
0.800	7.500	259.140801			
0.900	7.500	333.072691			
1.000	7.500	400.000000			
0.500	8.000	65.240964			
0.600	8.000	84.813254			
0.700	8.000	184.815677			
0.800	8.000	272.213098			
0.900	8.000	349.786514			
1.000	8.000	420.000000			
0.500	8.500	68.340827			
0.600	8.500	88.843075			
0.700	8.500	193.979459			
0.800	8.500	285.224291			
0.900	8.500	366.500974			
1.000	8.500	440.000000			
0.500	9.000	71.532098			
0.600	9.000	92.991727			
0.700	9.000	202.625673			
0.800	9.000	298.322107			
0.900	9.000	383.226335			
1.000	9.000	460.000000			
0.500	9.500	74.646700	0.500	10.000	77.826151
0.600	9.500	97.040709	0.600	10.000	101.173997
0.700	9.500	211.739785	0.700	10.000	220.429488
0.800	9.500	311.315954	0.800	10.000	324.424983
0.900	9.500	399.934031	0.900	10.000	416.662753
1.000	9.500	480.000000	1.000	10.000	500.000000

3.

$r$	$\theta$	$T(r,\theta)$			
0.500	0.000	0.000000	0.800	0.105	28.961666
0.550	0.000	0.000000	0.850	0.105	36.844364
0.600	0.000	0.000000	0.900	0.105	49.104997
0.650	0.000	0.000000	0.950	0.105	68.517539
0.700	0.000	0.000000	1.000	0.105	100.000000
0.750	0.000	0.000000	0.500	0.209	50.000000
0.800	0.000	0.000000	0.550	0.209	40.377451
0.850	0.000	0.000000	0.600	0.209	35.929686
0.900	0.000	0.000000	0.650	0.209	35.312185
0.950	0.000	0.000000	0.700	0.209	37.488237
1.000	0.000	0.000000	0.750	0.209	42.001417
0.500	0.105	50.000000	0.800	0.209	48.773186
0.550	0.105	28.787943	0.850	0.209	57.936382
0.600	0.105	21.818115	0.900	0.209	69.672831
0.650	0.105	20.090891	0.950	0.209	83.950388
0.700	0.105	21.021831	1.000	0.209	100.000000
0.750	0.105	23.934897	0.500	0.314	50.000000
0.800	0.105	28.961666	0.550	0.314	45.949110
0.850	0.105	36.844364	0.600	0.314	44.326027
0.900	0.105	49.104997	0.650	0.314	45.245116
0.950	0.105	68.517539	0.700	0.314	48.417775
1.000	0.105	100.000000	0.750	0.314	53.566945
0.500	0.209	50.000000	0.800	0.314	60.473148
0.550	0.209	40.377451	0.850	0.314	68.925028
0.600	0.209	35.929686	0.900	0.314	78.644482
0.650	0.209	35.312185	0.950	0.314	89.208556
0.700	0.209	37.488237	1.000	0.314	100.000000
0.750	0.209	42.001417	0.500	0.419	50.000000
			0.550	0.419	48.641498
			0.600	0.419	48.754252
			0.650	0.419	50.709863
			0.700	0.419	54.460224
			0.750	0.419	59.805653
			0.800	0.419	66.486489



0.800	0.419	66.486489	0.850	0.733	68.925028
0.850	0.419	74.202623	0.900	0.733	78.644482
0.900	0.419	82.613244	0.950	0.733	89.208556
0.950	0.419	91.341812	1.000	0.733	100.000000
1.000	0.419	100.000000	0.500	0.838	50.000000
0.500	0.524	50.000000	0.550	0.838	40.377451
0.550	0.524	49.456796	0.600	0.838	35.929686
0.600	0.524	50.136260	0.650	0.838	35.312185
0.650	0.524	52.441687	0.700	0.838	37.488237
0.700	0.524	56.376040	0.750	0.838	42.001417
0.750	0.524	61.760255	0.800	0.838	48.773186
0.800	0.524	68.330335	0.850	0.838	57.936382
0.850	0.524	75.776005	0.900	0.838	69.672831
0.900	0.524	83.760748	0.950	0.838	83.950388
0.950	0.524	91.942352	1.000	0.838	100.000000
1.000	0.524	100.000000	0.500	0.942	50.000000
0.500	0.628	50.000000	0.550	0.942	28.787943
0.550	0.628	48.641498	0.600	0.942	21.818115
0.600	0.628	48.754252	0.650	0.942	20.090891
0.650	0.628	50.709863	0.700	0.942	21.021831
0.700	0.628	54.460224	0.750	0.942	23.934897
0.750	0.628	59.805653	0.800	0.942	28.961666
0.800	0.628	66.486489	0.850	0.942	36.844364
0.850	0.628	74.202623	0.900	0.942	49.104997
0.900	0.628	82.613244	0.950	0.942	68.517539
0.950	0.628	91.341812	1.000	0.942	100.000000
1.000	0.628	100.000000	0.500	1.047	0.000000
0.500	0.733	50.000000	0.550	1.047	0.000000
0.550	0.733	45.949110	0.600	1.047	0.000000
0.600	0.733	44.326027	0.650	1.047	0.000000
0.650	0.733	45.245116	0.700	1.047	0.000000
0.700	0.733	48.417775	0.750	1.047	0.000000
0.750	0.733	53.566945	0.800	1.047	0.000000
0.800	0.733	60.473148			

0.850	1.047	0.000000
0.900	1.047	0.000000
0.950	1.047	0.000000
1.000	1.047	0.000000

4.

```
--- p(x, t=0.0) ---  
x = 0.0, p = 1.000000  
x = 0.1, p = 0.809017  
x = 0.2, p = 0.309017  
x = 0.3, p = -0.309017  
x = 0.4, p = -0.809017  
x = 0.5, p = -1.000000  
x = 0.6, p = -0.809017  
x = 0.7, p = -0.309017  
x = 0.8, p = 0.309017  
x = 0.9, p = 0.809017  
x = 1.0, p = 2.000000
```

```
--- p(x, t=0.5) ---  
x = 0.0, p = 1.000000  
x = 0.1, p = 1.000000  
x = 0.2, p = 1.000000  
x = 0.3, p = 1.000000  
x = 0.4, p = 1.000000  
x = 0.5, p = 1.000000  
x = 0.6, p = 2.000000  
x = 0.7, p = 2.000000  
x = 0.8, p = 2.000000  
x = 0.9, p = 2.000000  
x = 1.0, p = 2.000000
```

```
--- p(x, t=1.0) ---  
x = 0.0, p = 1.000000  
x = 0.1, p = 2.190983  
x = 0.2, p = 2.690983  
x = 0.3, p = 3.309017  
x = 0.4, p = 3.809017  
x = 0.5, p = 4.000000  
x = 0.6, p = 3.809017  
x = 0.7, p = 3.309017  
x = 0.8, p = 2.690983  
x = 0.9, p = 2.190983  
x = 1.0, p = 2.000000
```