



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination
2016/2017 Academic Session

June 2017

MAA 161 – Statistics for Science Students
[Statistik untuk Pelajar Sains]

Duration : 3 hours
[Masa : 3 jam]

Please check that this examination paper consists of FIFTEEN pages of printed material before you begin the examination.

[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi LIMA BELAS muka surat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.]

Instructions: Answer **all eight** [8] questions.

Arahan: Jawab **semua lapan** [8] soalan.]

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

Question 1

- (a) Prior to 2010, Shanghai World Financial Center was the tallest building in China at 492m. However, following high economic growth in the country in recent years, China has built more tall buildings than any other countries in the world. Below are the heights of tall buildings built in China between 2012 and 2015.

<u>2012:</u>	350	311	306				
<u>2013:</u>	324	310					
<u>2014:</u>	339	339	327	304			
<u>2015:</u>	632	383	351	338	329	323	319
	315	309	303	303	303	301	301

Construct a boxplot for the data above.

What can you say about the Shanghai Tower that was built in 2015 and stood at 632m?

- (b) Below is the frequency distribution of the amount of rainfall (in cm) at 40 places around Malaysia during the month of September 2016.

Amount	Frequency
5.0 – 7.9	1
8.0 – 10.9	5
11.0 – 13.9	25
14.0 – 16.9	8
17.0 – 19.9	1

Estimate the mean, standard deviation and interquartile range of the amount of rainfall.

[30 marks]

Soalan 1

- (a) Sebelum tahun 2010, Pusat Kewangan Dunia Shanghai merupakan bangunan tertinggi di China dengan ketinggian 492meter. Walau bagaimanapun, berikutan pertumbuhan ekonomi yang tinggi di negara tersebut pada tahun-tahun kebelakangan ini, China telah membina lebih banyak bangunan tinggi berbanding negara lain di dunia. Di bawah adalah ketinggian bangunan tinggi yang dibina di China di antara tahun 2012 dan 2015.

<u>2012:</u>	350	311	306				
<u>2013:</u>	324	310					
<u>2014:</u>	339	339	327	304			
<u>2015:</u>	632	383	351	338	329	323	319
	315	309	303	303	303	301	301

Bina plot kotak bagi data di atas.

Apa yang boleh anda katakan tentang Menara Shanghai yang dibina pada tahun 2015 dengan ketinggian 632m?

- (b) Di bawah adalah taburan kekerapan jumlah hujan (dalam cm) di 40 tempat di seluruh Malaysia pada bulan September 2016.

Jumlah	Kekerapan
5.0 – 7.9	1
8.0 – 10.9	5
11.0 – 13.9	25
14.0 – 16.9	8
17.0 – 19.9	1

Anggarkan nilai min, sisihan piawai dan julat antara kuartil bagi jumlah hujan.

[30 markah]

Question 2

- (a) (i) At a parade there are 3 marching bands, 7 floats, 2 groups of clowns and 2 teams of dancers. How many ways can these groups be arranged in the procession?
- (ii) A school security and welfare committee of 6 people is selected at random from a group of 6 first year students, 11 second year students and 9 third year students. What is the probability that the committee has at most 1 second year student?
- (b) (i) In a Time Series Analysis class there are 18 students majoring in Applied Statistics (AS) and 10 students majoring in Mathematics and Economics (M&E). 12 of the AS students are female and 4 of the M&E students are male. If a student is randomly selected to meet the Dean, find the probability of selecting a female or an M&E student?
- (ii) Prior to the 2015 general election, in a particular constituency in England, 55% are conservative supporters, 34% are labour supporters and 11% are independent supporters. After the election, surveys show that 82% of conservatives voted, 76% of labours voted and 89% of the independents voted. If a person from the constituent is selected at random and it is learnt that he/she did not vote in the election, what is the probability that the person is a labour supporter?

[20 marks]

Soalan 2

- (a) (i) Di suatu perarakan, terdapat 3 kumpulan pancaragam, 7 kenderaan terapung, 2 kumpulan badut dan 2 pasukan penari. Berapa banyak carakah kumpulan ini boleh diatur dalam perarakan?
- (ii) Suatu jawatankuasa keselamatan dan kebajikan sekolah yang terdiri daripada 6 orang dipilih secara rawak daripada suatu kumpulan 6 orang pelajar tahun pertama, 11 orang pelajar tahun kedua dan 9 orang pelajar tahun ketiga. Apakah kebarangkalian bahawa jawatankuasa itu mempunyai paling ramai 1 pelajar tahun kedua?
- (b) (i) Dalam suatu kelas Analisis Siri Masa terdapat 18 orang pelajar jurusan bidang Statistik Gunaan (SG) dan 10 pelajar jurusan Matematik dan Ekonomi (M&E). 12 orang daripada pelajar SG adalah perempuan dan 4 orang daripada pelajar M&E adalah lelaki. Jika seorang pelajar dipilih secara rawak untuk berjumpa Dekan, cari kebarangkalian seorang perempuan atau seorang pelajar M&E dipilih?
- (ii) Sebelum pilihanraya umum 2015, di sebuah konstituensi tertentu di England, 55% adalah penyokong konservatif, 34% adalah penyokong buruh dan 11% adalah penyokong bebas. Selepas pilihanraya tersebut, kajian menunjukkan bahawa 82% daripada penyokong konservatif telah mengundi, 76% daripada penyokong buruh mengundi dan 89% daripada penyokong calon bebas mengundi. Jika seseorang daripada konstituen tersebut dipilih secara rawak dan diketahui bahawa dia tidak mengundi dalam pilihanraya tersebut, apakah kebarangkalian bahawa orang itu adalah penyokong buruh?

[20 markah]

Question 3

- (a) (i) Damian, a novice shooter, uses a single-barreled shotgun. The probability that he hits a target is 0.45 and is independent from target to target. Determine the probability that, in a series of shots at 15 targets, he hits at least 6 but at most 9 targets.
- (ii) On average, two tornadoes hit major US metropolitan areas every year. What is the probability that more than five tornadoes will hit the US metropolitan areas during the 2017-2020 period of President Trump presidency?

- (b) (i) Jeremy sells a health awareness magazine which is produced in order to raise money for homeless people. The probability for him to make a sale is only 0.07 for each person he approaches. Given that he approaches 60 people in a single day, find the probability that he will make more than 3 sales?
- (ii) A scientific expedition has captured, tagged, and released eight sea turtles in a particular region. The expedition was told that the last population count in this region was 35 turtles. The expedition is now planned to capture ten turtles and note how many of them are tagged. What is the probability that the new sample will have 2 or less tagged turtles in it?

[20 marks]

Soalan 3

- (a) (i) *Damian, seorang penembak baru, menggunakan senapang patah berlaras tunggal. Kebarangkalian bahawa tembakannya mengenai sasaran adalah 0.45 dan kebarangkalian adalah tidak bersandar daripada satu sasaran ke sasaran yang lain. Tentukan kebarangkalian bahawa, dalam satu siri tembakan pada 15 sasaran, tembakannya mengenai sekurang-kurangnya 6 tetapi paling banyak 9 sasaran.*
- (ii) *Secara purata, dua puting beliung melanda kawasan metropolitan utama di Amerika Syarikat setiap tahun. Apakah kebarangkalian bahawa lebih daripada lima puting beliung akan melanda kawasan metropolitan di Amerika Syarikat dalam tempoh Presiden Trump memegang jawatan presiden 2017-2020?*
- (b) (i) *Jeremy menjual majalah kesedaran kesihatan yang dihasilkan untuk mengumpul wang bagi orang kehilangan tempat tinggal. Kebarangkalian untuk beliau membuat jualan adalah hanya 0.07 untuk setiap orang yang dihampiri. Sekiranya dia menghampiri 60 orang dalam suatu hari, cari kebarangkalian bahawa dia akan membuat lebih daripada 3 jualan?*
- (ii) *Suatu ekspedisi saintifik telah menangkap, menanda, dan melepaskan lapan ekor penyu laut di rantau tertentu. Ekspedisi ini telah diberitahu bahawa kiraan populasi terakhir di rantau ini adalah sebanyak 35 ekor penyu. Ekspedisi tersebut kini merancang untuk menangkap sepuluh penyu dan melihat berapa ekor yang telah ditanda. Apakah kebarangkalian bahawa sampel baru ini akan mempunyai 2 atau kurang ekor penyu yang telah ditanda dalamnya?*

[20 markah]

Question 4

- (a) Given the following function for a random variable X:

$$f(x) = k(1+2x) \text{ for } 0 < x < 2$$

- (i) Find the value k so that $f(x)$ is a valid probability density function for X.
- (ii) Find the mean and standard deviation of X.
- (b) (i) It is estimated that 10% of the vehicles entering Malaysia from Thailand carry undeclared goods. Calculate the probability that a search of 500 randomly selected vehicles during a long 3-day weekend will find between 55 and 65 vehicles with undeclared goods.
- (ii) It is estimated that the average number of calls received by each operator at the HSBC Bank Call Centre is 18 per hour. If Linda works at the call centre for 8 hours, find the probability that she will receive more than 140 calls.

[20 marks]

Soalan 4

- (a)
- Diberi fungsi berikut bagi pembolehubah rawak X:*

$$f(x) = k(1+2x) \text{ bagi } 0 < x < 2$$

- (i) *Cari nilai k supaya $f(x)$ adalah satu fungsi ketumpatan kebarangkalian yang sah untuk X.*
- (ii) *Cari min dan sisihan piawai bagi X.*
- (b) (i) *Adalah dianggarkan bahawa 10% daripada kenderaan yang memasuki Malaysia dari Thailand membawa barang yang tidak diisytiharkan. Hitung kebarangkalian bahawa pemeriksaan ke atas 500 kenderaan yang dipilih secara rawak pada hujung minggu panjang selama 3 hari akan mendapati di antara 55 dan 65 kenderaan dengan barang yang tidak diisytiharkan.*
- (ii) *Dianggarkan purata bilangan panggilan yang diterima oleh setiap operator di Pusat Panggilan Bank HSBC ialah 18 setiap jam. Jika Linda bekerja di pusat panggilan selama 8 jam, cari kebarangkalian bahawa dia akan menerima lebih daripada 140 panggilan.*

[20 markah]

Question 5

- (a) (i) Domino Pizza has gained popularity in recent years and customers are known to be satisfied with its delivery service. Records in 2016 show that 85% of all the order it received from its customers are delivered on time. Suppose the same satisfaction percentage remains true in 2017. Find the probability that in a random sample of 100 orders, the percentage of orders that will be delivered on time will be between 81% and 88%.
- (ii) Randomly looking at the 500 records for 2016, the manager of Pizza Hut found 170 of its delivery service arrived more than 15 minutes late. Construct a 95% confidence interval for the proportion of all Pizza Hut delivery that arrived more than 15 minutes late.
- (b) Engineers constructing a windmill cannot use a particular location if the variability of wind speed is too high. On a sample of 20 days, the following data are the average wind speed (in km/h) for a particular location.

33	25	29	21	35	28	28
21	24	39	41	45	33	37
42	47	28	32	29	40	

Assuming the daily wind speed for the location is normally distributed, construct a 99% confidence interval for the variance of the wind speed.

[30 marks]

Soalan 5

- (a) (i) *Domino Pizza telah menjadi semakin popularit dalam tahun kebelakangan ini dan pelanggan diketahui telah berpuas hati dengan servis penghantarannya. Rekod pada tahun 2016 menunjukkan bahawa 85% daripada semua pesanan yang diterima daripada pelanggan dihantar tepat pada masanya. Andaikan peratusan kepuasan yang sama adalah benar pada tahun 2017. Cari kebarangkalian bahawa dalam sampel rawak 100 pesanan, peratusan pesanan yang akan dihantar tepat pada masa adalah diantara 81% dan 88%.*
- (ii) *Melihat secara rawak 500 rekod bagi tahun 2016, pengurus Pizza Hut mendapati 170 daripada servis penghantarannya tiba lewat lebih daripada 15 minit. Bina selang keyakinan 95% bagi peratusan semua penghantaran oleh Pizza Hut yang tiba lewat lebih daripada 15 minit.*
- (b) *Jurutera pembinaan kincir angin tidak boleh menggunakan lokasi tertentu jika kepelbagaian kelajuan angin adalah terlalu tinggi. Dalam sampel bagi 20 hari, data berikut adalah purata kelajuan angin (dalam km/jam) untuk lokasi tertentu.*

33	25	29	21	35	28	28
21	24	39	41	45	33	37
42	47	28	32	29	40	

Andaikan kelajuan angin harian untuk lokasi tersebut adalah tertabur normal, bina 99% selang keyakinan bagi varians kelajuan angin.

[30 markah]

...9/-

Question 6

- (a) A manufacturer claims that the thickness of the spearmint gum it produces is 3mm. A quality control specialist regularly checks this claim. On one production run, he took a random sample of 12 pieces of gum and obtained the following measurements:

3.3	3.6	3.2	2.9	3.0	3.1
3.4	3.5	3.2	2.8	2.9	3.0

Test the claim by using the p-value approach. Due to high reliability of the production machine, the thickness of the spearmint gum is assumed to be normally distributed.

- (b) The World Heritage Organization claimed that letter writing is now a lost art with less than 20% of young adults has written a letter in the past 12 months. The Culture and Heritage Association based in Kuala Lumpur wanted to know whether the same scenario occurs in Malaysia. The association randomly sampled 400 young adults and found that 65 of them had written a letter in the past 12 months. Is there evidence to support the claim?

[20 marks]

Soalan 6

- (a) *Satu pengeluar mendakwa bahawa ketebalan gula getah spermin yang dihasilkan adalah 3mm. Seorang pakar kawalan kualiti kerap memeriksa dakwaan ini. Dalam satu siri pengeluaran, dia telah mengambil sampel rawak 12 keping gula getah dan mendapat ukuran berikut:*

3.3	3.6	3.2	2.9	3.0	3.1
3.4	3.5	3.2	2.8	2.9	3.0

Uji dakwaan tersebut dengan menggunakan pendekatan nilai-p. Oleh kerana kebolehpercayaan yang tinggi terhadap mesin pengeluaran, ketebalan gula getah spermin itu diandaikan tertabur secara normal.

- (b) *Pertubuhan Warisan Dunia menyatakan bahawa menulis surat kini merupakan seni yang hilang dengan kurang daripada 20% daripada orang dewasa muda telah menulis surat dalam tempoh 12 bulan yang lalu. Persatuan Kebudayaan dan Warisan yang berpusat di Kuala Lumpur ingin mengetahui sama ada senario yang sama berlaku di Malaysia. Persatuan itu mengambil sampel rawak 400 orang dewasa muda dan mendapati bahawa 65 daripada mereka telah menulis surat dalam tempoh 12 bulan yang lalu. Adakah terdapat bukti untuk menyokong tuntutan itu?*

[20 markah]

Question 7

- (a) A company that has many department stores throughout the country wanted to find out the percentage of sales for which at least one of the items was returned. A sample of 800 sales randomly selected from stores in the northern region showed that for 140 of them at least one item was returned. Meanwhile, a random sample of 900 sales randomly selected from stores in the southern region showed that 170 of them had at least one item being returned. Using a rejection region approach, is there any evidence that the proportion of all sales for which at least one item was returned is higher for stores in the southern region than for stores in the northern region?
- (b) A new drug is proposed to lower total cholesterol and a study was designed to evaluate the efficacy of the drug in lowering cholesterol. Fifteen patients agreed to participate in the study and each was asked to take the new drug for eight weeks. Before starting the treatment, cholesterol level of each patient was measured. After taking the drug for 8 weeks, the cholesterol level was measured once again and the data are shown below. Using the p-value approach, investigate whether the drug has achieved its goal. Assume that the cholesterol level is approximately normally distributed.

Patient	Pre-treatment	End of 8 th week
1	215	205
2	190	156
3	230	190
4	220	180
5	214	201
6	240	227
7	210	197
8	193	173
9	210	204
10	230	217
11	180	142
12	260	262
13	210	207
14	190	184
15	200	193

[30 marks]

Soalan 7

- (a) Sebuah syarikat yang mempunyai banyak kedai jualan di seluruh negara ingin mengetahui peratusan jualan yang mana sekurang-kurangnya satu daripada item telah dipulangkan. Suatu sampel terdiri daripada 800 jualan yang dipilih secara rawak daripada kedai jualan di kawasan utara menunjukkan bahawa bagi 140 daripada jualan sekurang-kurangnya satu item telah dipulangkan. Sementara itu, sampel rawak 900 jualan yang dipilih secara rawak dari kedai jualan di kawasan selatan menunjukkan bahawa 170 daripada jualan mempunyai sekurang-kurangnya satu item yang telah dipulangkan. Menggunakan pendekatan kawasan penolakan, adakah terdapat sebarang bukti bahawa peratusan daripada semua jualan yang mana sekurang-kurangnya satu item dipulangkan adalah lebih tinggi untuk kedai-kedai di kawasan selatan daripada peratusan untuk kedai-kedai di kawasan utara?
- (b) Satu ubat baru adalah dicadangkan untuk mengurangkan jumlah kolesterol dan satu kajian telah dibentuk untuk menilai keberkesanan ubat tersebut untuk menurunkan kolesterol. Lima belas pesakit telah bersetuju untuk mengambil bahagian dalam kajian tersebut dan setiap pesakit telah diminta mengambil ubat baru selama lapan minggu. Sebelum memulakan rawatan, tahap kolesterol setiap pesakit diukur. Selepas mengambil ubat selama 8 minggu, paras kolesterol diukur sekali lagi dan data ditunjukkan di bawah. Dengan menggunakan pendekatan nilai-p, siasat sama ada ubat itu telah mencapai matlamatnya. Andaikan bahawa tahap kolesterol adalah hampir tertabur normal.

Pesakit	Sebelum rawatan	Hujung minggu ke-8
1	215	205
2	190	156
3	230	190
4	220	180
5	214	201
6	240	227
7	210	197
8	193	173
9	210	204
10	230	217
11	180	142
12	260	262
13	210	207
14	190	184
15	200	193

[30 markah]

Question 8

- (a) In a study of television viewing habits of teenagers, a behavioral psychologist selected a random sample of 350 secondary school students; 150 boys and 200 girls. Each teenager was asked which of the following TV programs they like best: The Simpsons, How I Met Your Mother or Friends. Results were summarized in the cross tabulation below. Investigate if the boys' preferences for TV programs differ significantly from the girls' preferences.

Gender	TV Programs	The Simpsons	How I Met Your Mother	Friends
Boys		73	44	33
Girls		53	78	69

- (b) A psychologist is interested in determining whether left-handed and right-handed people differ in spatial ability. She randomly selected 6 left-handed and 13 right-handed students at the university she works and administers a test that measures spatial ability. The scores are in the following table, whereby a higher score indicates better spatial ability.

Left-handed:	87	94	98	83	92	76	
Right-handed:	47	68	92	73	71	56	84
	55	61	75	85	82	74	

By using suitable non-parametric test and at the 5% significance level, what can the psychologist conclude about spatial ability of left-handed and right-handed people?

[30 marks]

Soalan 8

- (a) Dalam kajian ke atas tabiat menonton televisyen remaja, seorang ahli psikologi tingkah laku telah memilih suatu sampel rawak 350 orang pelajar sekolah menengah; 150 orang lelaki dan 200 orang perempuan. Setiap remaja telah ditanya yang mana satu program TV berikut yang mereka paling suka: *The Simpsons*, *How They I Met Your Mother* atau *Friends*. Keputusan telah diringkaskan dalam tabulasi silang di bawah. Jalankan siasatan sekiranya pilihan remaja lelaki untuk program TV berbeza secara signifikan daripada pilihan remaja perempuan.

<i>Jantina</i>	<i>Program TV</i>	<i>The Simpsons</i>	<i>How I Met Your Mother</i>	<i>Friends</i>
<i>Boys</i>		73	44	33
<i>Girls</i>		53	78	69

- (b) Seorang pakar psikologi berminat untuk menentukan samada orang kidal dan tangan kanan berbeza dari segi keupayaan spatial. Dia telah memilih secara rawak 6 orang pelajar kidal dan 13 orang pelajar tangan kanan di universiti tempat dia bekerja dan telah menjalankan satu ujian yang mengukur keupayaan spatial. Skor adalah diberikan di bawah, yang mana skor yang lebih tinggi menunjukkan keupayaan spatial yang lebih baik.

<i>Orang kidal:</i>	87	94	98	83	92	76	
<i>Orang tangan kanan:</i>	47	68	92	73	71	56	84
	55	61	75	85	82	74	

Dengan menggunakan ujian tak parametrik yang sesuai dan pada aras keertian 5%, apakah yang boleh ahli psikologi simpulkan tentang keupayaan spatial orang kidal dan orang tangan kanan?

[30 markah]

APPENDIX

Confidence Interval

$\bar{X} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ $\bar{X} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s}{\sqrt{n}}$ $\bar{d} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{s_d}{\sqrt{n_d}}$ $b \pm t_{\frac{\alpha}{2}} s_b$	$(\bar{X} - \bar{Y}) \pm t_{\alpha/2} S_p \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}$
$\hat{p} \pm Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{\hat{p}(1-\hat{p})}{n}}$ $(\hat{p}_x - \hat{p}_y) \pm z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\hat{p}_x(1-\hat{p}_x)}{n_x} + \frac{\hat{p}_y(1-\hat{p}_y)}{n_y}}$ $(\bar{X} - \bar{Y}) \pm Z_{\alpha/2} \sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_x} + \frac{\sigma_y^2}{n_y}}$ $(\bar{X} - \bar{Y}) \pm t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}$	$\left(\frac{(n-1)s^2}{\chi_{\frac{\alpha}{2}, n-1}^2}, \frac{(n-1)s^2}{\chi_{1-\frac{\alpha}{2}, n-1}^2} \right)$ $\left(\frac{s}{Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{2n}}, \frac{s}{Z_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{2n}} \right)$ $\left(\frac{s_1^2}{s_2^2} F_{1-\frac{\alpha}{2}, (v_2, v_1)}, \frac{s_1^2}{s_2^2} F_{\frac{\alpha}{2}, (v_2, v_1)} \right)$

Test Statistic

$Z = \frac{\bar{X} - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$ $T = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{n}}$ $T = \frac{\bar{d} - \mu_d}{s_d / \sqrt{n_d}}$ $T = \frac{b - \beta_1}{s_b}$ $T = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ $\chi^2 = \frac{(n-1)s^2}{\sigma^2}$	$Z = \frac{s - \sigma}{\sigma / \sqrt{2n}}$ $Z = \frac{(\bar{X} - \bar{Y}) - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{\frac{\sigma_x^2}{n_x} + \frac{\sigma_y^2}{n_y}}}$ $T = \frac{(\bar{X} - \bar{Y}) - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{S_p^2 \left(\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y} \right)}}$ $S_p^2 = \frac{(n_x - 1)s_x^2 + (n_y - 1)s_y^2}{n_x + n_y - 2}$ $F = \frac{s_x^2}{s_y^2}$	$Z = \frac{(\hat{p}_x - \hat{p}_y) - (p_x - p_y)}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p}) \left(\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y} \right)}}$ $T = \frac{(\bar{X} - \bar{Y}) - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y}}}$ $dk = \frac{\left(\frac{s_x^2}{n_x} + \frac{s_y^2}{n_y} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_x^2}{n_x} \right)^2}{n_x - 1} + \frac{\left(\frac{s_y^2}{n_y} \right)^2}{n_y - 1}}$ $\chi^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}, \quad E = np$
---	--	---

**Table A5 Table of Critical T Values for Wilcoxon's Signed-Ranks
and Matched-Pairs Signed-Ranks Test**

n	One-tailed level of significance				One-tailed level of significance				
	.05	.025	.01	.005	.05	.025	.01	.005	
	Two-tailed level of significance				Two-tailed level of significance				
	.10	.05	.02	.01	.10	.05	.02	.01	
5	0	-	-	-	28	130	116	101	91
6	2	0	-	-	29	140	126	110	100
7	3	2	0	-	30	151	137	120	109
8	5	3	1	0	31	163	147	130	118
9	8	5	3	1	32	175	159	140	128
10	10	8	5	3	33	187	170	151	138
11	13	10	7	5	34	200	182	162	148
12	17	13	9	7	35	213	195	173	159
13	21	17	12	9	36	227	208	185	171
14	25	21	15	12	37	241	221	198	182
15	30	25	19	15	38	256	235	211	194
16	35	29	23	19	39	271	249	224	207
17	41	34	27	23	40	286	264	238	220
18	47	40	32	27	41	302	279	252	233
19	53	46	37	32	42	319	294	266	247
20	60	52	43	37	43	336	310	281	261
21	67	58	49	42	44	353	327	296	276
22	75	65	55	48	45	371	343	312	291
23	83	73	62	54	46	389	361	328	307
24	91	81	69	61	47	407	378	345	322
25	100	89	76	68	48	426	396	362	339
26	110	98	84	75	49	446	415	379	355
27	119	107	92	83	50	466	434	397	373