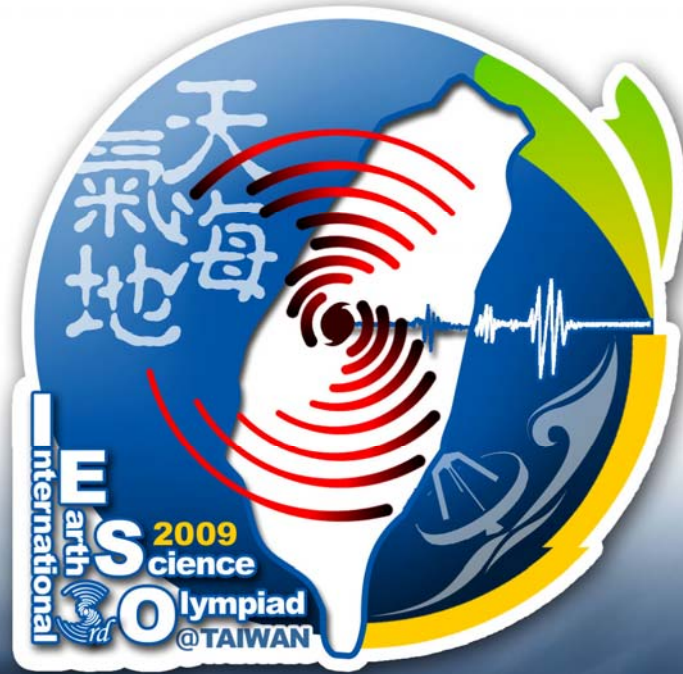


The 3rd International Earth Science Olympiad



Practical Test-Atmosphere (Part II)

18 September 2009

Taipei, Taiwan

氏名 (英語) :

国籍 (英語) :

Mentor's Signature: _____



希言自然，故飄風不終朝，驟雨不終日。孰爲此者？天地。

To seldom speak is the essence of nature. Why the winds and storm do not last whole day?
Because the earth that manifests the winds and storm is constantly changing.

《老子道德經》第廿三章

Laozi Tao Te Chin 4th Century BC

南方有倚人焉曰黃繚，問天地所以不墜不陷，風雨雷霆之故。惠施不辭而應，不慮而對，遍爲萬物說。

In the south, there was a man of extraordinary views, named Huang Liao, who asked Shi how it was that the sky did not fall nor the earth sink, and what was the cause of wind, rain, and the thunder's roll and crash. Shi made no attempt to evade the questions, and answered him without any exercise of thought, talking about all things.

《莊子雜篇》天下第三十三

Zhuangzi Tian Xia 4th Century BC.



受験上の注意（大気部門 パート II）：

- ・ 氏名と国籍を表紙に英語で書きなさい。
- ・ 試験時間は40分です。
- ・ 答えはわかりやすく書きなさい。判読しにくい解答は不正解となることがあります。
- ・ 解答は短く的確に書きなさい。
- ・ 解答は配布された白い問題冊子のみに記入しなさい。
- ・ 問題冊子は英語または日本語を参照すること。解答は日本語の冊子に書くこと。
- ・ 解答をする前に設問全体を注意深く読みなさい。それぞれの設問ごとに（1点）のように配点が記述されています。
- ・ いくつかの設問では図表中に解答を書くことを要求されています。注意してください。
- ・ **IESO** 試験中の不正行為は認めません。

2009 IESO 実技試験
(大気部門、パート II)
大気中の湿度測定および計算(計 50 点)

水が循環するとき、大気中の水蒸気 (H_2O) は、雲になったり、雨となって降ったりする。また水蒸気は温室効果気体として重要である。ゆえに、水蒸気量 (大気の湿度) を正確に測定する技能は重要である。この実技試験では、「乾湿計」を使って湿度を測定し、このことに関する 6 つの設問に解答します。

次の課題すべてに取り組みなさい。[課題 A] は「乾球」温度と「湿球」温度を測定し、「乾球温度と湿球温度の差」を求めなさい。[課題 B] 空気中に含まれる水蒸気圧を課題 A のデータから求めなさい。[課題 C] 求めた結果を、変数としての湿度に置き換えなさい。なお、測定方法と変数は、手順を述べる際に説明してあります。

[課題 A] 乾湿計を用いて「乾球」温度 (T) と「湿球」温度 (T_w) を測り、「乾球」温度と「湿球」温度の差 (D 、 $D=T-T_w$) を求めよ。

乾湿計 (図 1 参照) は、湿度を測定するためによく使われる器具である。乾湿計は独立した 2 本の温度計から構成され、うち 1 本は「乾球」温度 (T) を、もう 1 本は吸水性のある布で包まれている。使用の際には湿球温度計の布をしめらせ、空気の流れにさらす。そして「湿球」温度 (T_w) を読み取る。 T と T_w を測定するために、下の手順を踏まえること (図 2 参照)。このとき、測定者からの影響が出ないように十分注意すること。また乾球温度計はしめらせないように気をつけること。



手順 1 : 底部にある小さい容器のふたを開け、布が十分にしめるようにピペットで水を入れなさい (図 2a)。その後、ふたを閉めておくこと。

手順2：ハンドルを直角になるように引き出す。乾湿計をゆっくり振り回し（10回転程度）空気にさらす（図2b）。こうして湿球温度（ T_w ）は徐々に下がっていく。
 手順3：湿球温度計の値が安定したら、乾球と湿球の温度の両方を読み取る（ T および T_w [°C]、図2c）。

設問1(実習): (20点)

手順1～3を3回繰り返し、下の表(表1)を完成させよ。その際、 T の平均値、 T_w の平均値、そして乾球温度と湿球温度の差(D 、 $D=T-T_w$)を求めよ。単位はすべて°Cを用い、小数第1位まで書くこと。 $(T$ と T_w の読み取り2点ずつ、 D は4点)

Answer: 表1: 乾湿計測定の結果(すべて°C).

	第1回	第2回	第3回	平均
T				
T_w				
D	X	X	X	

設問2: (6点)

自分の測定結果からもわかるように、明らかに $T_w < T$ (つまり $D > 0$)である。この結果に関係があるのは次の現象のうちのどれか。

- (A) 凍結 (B) 凝結 (C) 堆積
 (D) 融解 (E) 蒸発 (F) 昇華

Answer: _____

【課題B】 T_w における飽和水蒸気圧(e_s)を求め、空気中に含まれている水蒸気圧(e 、以下参照)を計算せよ。

湿度は大気圧の分圧である水蒸気圧(e)として測定される。 e の値(hPa、1 hPa = 100 Pa)は次の方程式から求められる。

$$e = e_{sw} - \gamma D \qquad \text{式 (1)}$$

ここで e_{sw} は湿球温度 T_w での飽和水蒸気圧(hPa)、 D は乾球温度と湿球温度の差(°C)、 γ は一定で海面の高さでの定数 0.66 hPa K^{-1} である。

設問 3: (6 点)

測定結果と表 2 から e_{sw} を見つけ、式 (1) を用いて、空気中に含まれる水蒸気圧 (e) を計算しなさい。そのとき、飽和水蒸気圧 (e_s) が表 2 のように温度だけで決まることを考慮して、答えに方法や計算式を、単位を入れてわかりやすく書きなさい。なお、答えは小数点以下第一位まで求めなさい。

Answer:

表 2: 水面上の飽和水蒸気圧(Smithsonian Meteorological Tables より)

* 表 2 の読み方の例: 17.3°Cの飽和水蒸気量を読むときは、左端が「17」の行で、「.3」の列と交わる「19.74」を読みとり、 $e_s = 19.74\text{hPa}$ とする。

Temperature °C	Metric units									
	.0 hPa	.1 hPa	.2 hPa	.3 hPa	.4 hPa	.5 hPa	.6 hPa	.7 hPa	.8 hPa	.9 hPa
10	12.27	12.36	12.44	12.52	12.61	12.69	12.78	12.86	12.95	13.03
11	13.12	13.21	13.30	13.38	13.47	13.56	13.65	13.74	13.83	13.93
12	14.02	14.11	14.20	14.30	14.39	14.49	14.58	14.68	14.77	14.87
13	14.97	15.07	15.17	15.27	15.37	15.47	15.57	15.67	15.77	15.87
14	15.98	16.08	16.19	16.29	16.40	16.50	16.61	16.72	16.83	16.94
15	17.04	17.15	17.26	17.38	17.49	17.60	17.71	17.83	17.94	18.06
16	18.17	18.29	18.41	18.52	18.64	18.76	18.88	19.00	19.12	19.25
17	19.37	19.49	19.61	19.74	19.86	19.99	20.12	20.24	20.37	20.50
18	20.63	20.76	20.89	21.02	21.16	21.29	21.42	21.56	21.69	21.83
19	21.96	22.10	22.24	22.38	22.52	22.66	22.80	22.94	23.09	23.23
20	23.37	23.52	23.66	23.81	23.96	24.11	24.26	24.41	24.56	24.71
21	24.86	25.01	25.17	25.32	25.48	25.64	25.79	25.95	26.11	26.27
22	26.43	26.59	26.75	26.92	27.08	27.25	27.41	27.58	27.75	27.92
23	28.09	28.26	28.43	28.60	28.77	28.95	29.12	29.30	29.48	29.65
24	29.83	30.01	30.19	30.37	30.56	30.74	30.92	31.11	31.30	31.48
25	31.67	31.86	32.05	32.24	32.43	32.63	32.82	33.02	33.21	33.41
26	33.61	33.81	34.01	34.21	34.41	34.62	34.82	35.03	35.23	35.44
27	35.65	35.86	36.07	36.28	36.50	36.71	36.92	37.14	37.36	37.58
28	37.80	38.02	38.24	38.46	38.69	38.91	39.14	39.37	39.59	39.82
29	40.06	40.29	40.52	40.76	40.99	41.23	41.47	41.71	41.95	42.19
30	42.43	42.67	42.92	43.17	43.41	43.66	43.91	44.17	44.42	44.67
31	44.93	45.18	45.44	45.70	45.96	46.22	46.49	46.75	47.02	47.28
32	47.55	47.82	48.09	48.36	48.64	48.91	49.19	49.47	49.75	50.03
33	50.31	50.59	50.87	51.16	51.45	51.74	52.03	52.32	52.61	52.90
34	53.20	53.50	53.80	54.10	54.40	54.70	55.00	55.31	55.62	55.93
35	56.24	56.55	56.86	57.18	57.49	57.81	58.13	58.45	58.77	59.10
36	59.42	59.75	60.08	60.41	60.74	61.07	61.41	61.74	62.08	62.42
37	62.76	63.11	63.45	63.80	64.14	64.49	64.84	65.20	65.55	65.91
38	66.26	66.62	66.99	67.35	67.71	68.08	68.45	68.82	69.19	69.56
39	69.93	70.31	70.69	71.07	71.45	71.83	72.22	72.61	72.99	73.39
40	73.78	74.17	74.57	74.97	75.37	75.77	76.17	76.58	76.98	77.39

設問 4: (6 点)

湿球温度計によって得られた空気の冷却過程の最初の状態を A とし、最終状態を B とする。図 3 の中に A と B の位置を×印で記入しなさい。そして、その 2 つを線で結び、冷却過程の方向に矢印の向きをつけなさい。2 つの×印に A と B の記号をつけ、矢印の向きをはっきり書きなさい。

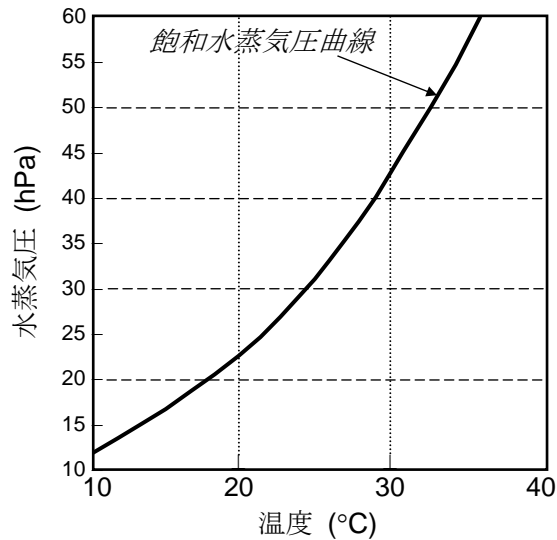


図 3: 湿球温度計によって得られた空気の冷却過程

[課題 C] 湿度から混合比 (r) と相対湿度 (RH) を計算する。

混合比 (r) および相対湿度 (RH) などは、大気の湿度を表す別の変数である。 r と RH を計算するために、次に述べる説明をよく読みなさい。計算方法は、適切な単位を含めて、できる限りわかりやすく書きなさい。

設問 5: (6 点)

混合比 (r) は、乾燥空気の質量に対する水蒸気の質量の割合である。従って無次元である。 r と e の関係は:

$$r = \frac{\varepsilon e}{p - e} \quad \text{式(2)}$$

ただし $p = 1013.25 \text{ hPa}$ 、 $\varepsilon = 0.622$ で、乾燥空気の分子量に対する水蒸気の分子量の比である。混合比 r を小数点以下第 1 位まで計算し、 g kg^{-1} (1kg あたりの g 数)の単位で答えなさい。

Answer:

設問 6: (6 点)

相対湿度 (RH) は、その温度における飽和水蒸気圧(e_s)に対する、空気中に含まれている水蒸気圧(e) の比であり、百分率(%)で表す。

$$RH = \frac{e}{e_s} \times 100\% \quad \text{式(3)}$$

式(3) を用いて RH (in %)を小数点以下第 1 位まで計算し、答えなさい。

Answer: