บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ประคอง กรรณสูตร. ๒๕๐๘. สถิติศาสตร์ประยุกต์สำหรับครู. พระนคร : ไทยวัฒนาพานิช.

อวย เกตุสิงห์. ๒๕๑๕. สรีรวิทยาการออกกำลังกาย ๒. กรุงเทพมหานคร : ศูนย์วิทยาศาสตร์การกีฬา, องค์การส่งเสริมกีฬาแห่งประเทศไทย.(อัดสำเนา)

ภาษาอังกฤษ

Astrand,Per-Olof.Work Tests with the Bicycle Ergometer. Verberg:A.B.Cykelfabriken Monark.

Brown,Roscoe C.,and Kenyon,Gerald S.1968.Classical Studies on Physical Activity.Englewood Cliffs, New Jersey:Prentice-Hall,Inc.

Guyton,Arthur C.1970.Textbook of Medical Physiology.3rd Ed. Philadelphia and London:W.B.Saunders Company.

Karpovich,Peter V.1959.Physiology of Muscular Activity. 5th Ed.Philadelphia and London:W.B.Saunders Company.

McElroy,William D.,and Swanson,Carl P.1968.Foundations of Biology.Englewood Cliffs,New Jersey:Prentice-Hall,Inc.

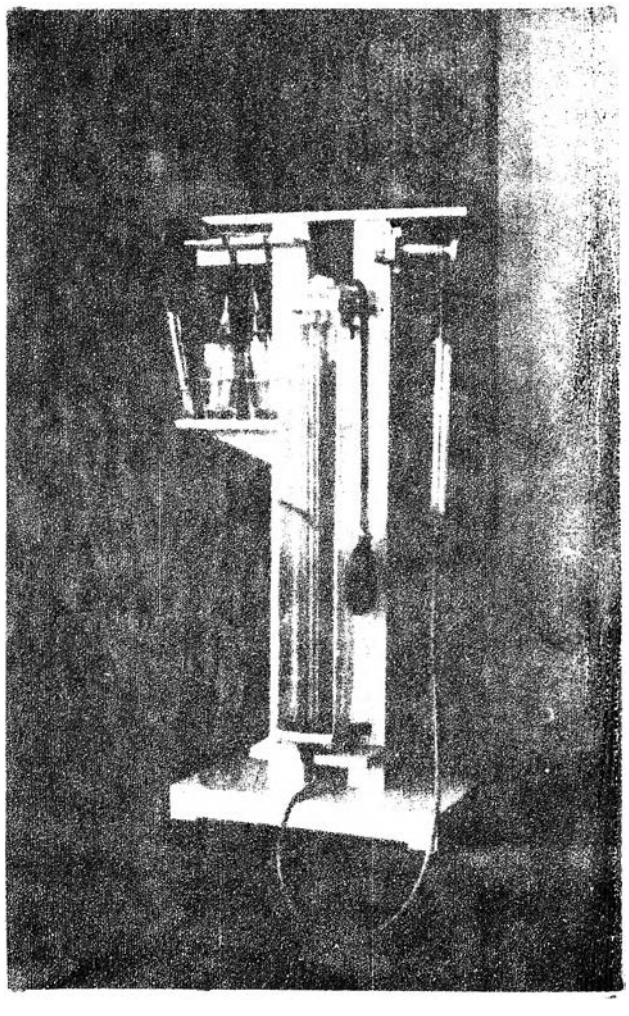
Morehouse,Laurence E.,and Miller,Augustus T.1967. Physiology of Exercise.Saint Louis:The C.V.Mosby Company.

ภาคผนวก

ก. เทคนิคการวิเคราะห์แก๊ส

(Technic of Gas Analysis)

เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์แก๊สที่นิยมใช้กันมากเป็นเครื่องวิเคราะห์แก๊สของออร์สาต ซึ่งมีความยุ่งยากในวิธีการและต้องอาศัยการฝึกหัดเป็นอย่างมาก ผลที่ออกมาจึงจะมีความแม่นยำเชื่อถือได้ เครื่องวิเคราะห์แก๊สที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ เป็นเครื่องมือที่มีความสะดวกในการใช้ แต่ไม่แม่นยำเหมือนเครื่องวิเคราะห์ของออร์สาต อย่างไรก็ตาม เครื่องวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถสนองความต้องการของผู้ทดลองได้ตามควรแก่มุ่งหมาย ตรงตามหลักวิธีการวิเคราะห์แก๊ส สามารถศึกษาส่วนประกอบของอากาศได้ และเมื่อผู้ทดลองสามารถใช้เครื่องวิเคราะห์นี้ได้อย่างชำนาญ ถูกต้อง ก็อาจจะฝึกใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีความยุ่งยากกว่าได้โดยใช้เวลาฝึกเพียงเล็กน้อย



เครื่องวิเคราะห์ที่เห็นในภาพ เป็นเครื่องที่ดัดแปลงมาจากแบบของออร์สาต(Orsat apparatus)มีส่วนประกอบหลายส่วนคือ หลอดบรรจุแก๊ส(gas pipette)มีความจุประมาณ ๕๐ ซีซี แช่อยู่ในน้ำซึ่งบรรจุอยู่ในกระบอกพลาสติคใส มีถ้วยบรรจุน้ำยาโปตัสเซี่ยมฮัยดรอกไซด์ ๑๐% และโปตัสเซี่ยมพัยโรแกลเลท(กรดพัยโรแกลลิก ๑๐% ผสมกับโปตัสเซี่ยมฮัยดรอกไซด์) มีหลอดแก้วเล็ก ๆ เชื่อมหลอดบรรจุแก๊สกับน้ำยาทั้งสอง ที่น้ำยาใส่สารารา ชินเพื่อไม่ให้น้ำยาดังกล่าวดูดอากาศจากภายนอก ตอนล่างของหลอดบรรจุแก๊ส มีท่อยางต่อไปจนถึงหลอดปรับระดับ ซึ่งบรรจุกรดซัลฟูริคอย่างเจือจางไว้(ป้องกันการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์)นอกจากนี้มีหลอด

แก้วเล็ก ๆเป็นที่สำหรับใส่อากาศเข้าหลอดบรรจุแก๊ส มีน็อตขันติด(Screw Cramp) สายยางตอนที่ต่อกับน้ำยาดูดจะมีคีมหนีบ (Pinch Cock) เพื่อป้องกันการซึมของแก๊สเข้าไปในน้ำยา ที่แก้วบรรจุน้ำยามีขีดบอกระดับที่คงที่เวลาปรับระดับน้ำยา

หลักทั่วไปในการวิเคราะห์แก๊ส

๑. ก่อนทำการวิเคราะห์แก๊ส ส่วนที่เชื่อมต่อกันทุกส่วนต้องปิดแน่น เช่น ระหว่างหลอดบรรจุแก๊สกับท่อนำอากาศเข้า และระหว่างหลอดบรรจุแก๊สกับน้ำยา ในหลอดบรรจุแก๊สจะมีแต่แก๊สไนโตรเจ็นเท่านั้น (ทำได้โดยการดูด คาร์บอนไดออกไซด์ และ ออกซิเจ็น ด้วยโปตัสเซียมพัยโรแกลเลท)

๒. ก่อนวัดบริมาตรแก๊ส ต้องปรับระดับน้ำยาดูดให้อยู่ในระดับที่กำหนดไว้

๓. การวัดบริมาตรแก๊ส ต้องวัดที่ความดันบรรยากาศปกติ ทำได้โดยการปรับระดับน้ำในหลอดปรับระดับกับในหลอดบรรจุแก๊สให้เท่ากัน

๔. ควรวิเคราะห์แก๊สในสถานที่ที่มีลมสงบ และก่อนวัดบริมาตรแก๊ส ต้องกวนน้ำในกระบอกพลาสติกใสทุกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าอุณหภูมิของอากาศในหลอดบรรจุแก๊สเท่ากัน

๕. ในหลอดแก้วที่เชื่อมหลอดบรรจุแก๊สต้องไม่มีหยดน้ำเกาะอยู่ ถ้ามีน้ำหรือบางส่วนของน้ำยาอยู่ในหลอดแก้วดังกล่าว จะต้องทำความสะอาดและทิ้งไว้ให้แห้ง

๖. เมื่อบรรจุอากาศและวัดบริมาตรแล้ว ให้ยกหลอดปรับระดับขึ้น ให้ระดับน้ำสูงกว่าน้ำในหลอดบรรจุแก๊สประมาณ ๕ - ๖ ซ.ม. เพื่อให้ความดันของน้ำในหลอดปรับระดับมีมากกว่า เป็นการป้องกันไม่ให้น้ำยาพุ่งเข้ามาในหลอดเชื่อม เมื่อจะเริ่มมีการดูดแก๊ส

๗. ต้องดูด คาร์บอน ไดออกไซด์ก่อนออกซิเจ็นเสมอ เพราะโปตัสเซียมพัยโรแกลเลท ซึ่งมีปฏิกิริยาเป็นด่าง จะดูดแก๊สทั้งสองชนิด

การวิเคราะห์อากาศในห้อง (อากาศในหลอดบรรจุแก๊สเป็นแก๊สไนโตรเจ็นแล้ว)

๑. ปรับระดับน้ำยาให้อยู่ในระดับที่กำหนดไว้

๒. เปิดท่อให้อากาศเข้า ประมาณ ๕๐ ซีซี ปิดท่อ

๓. อ่านบริมาตรอากาศในหลอดบรรจุแก๊ส (มีตัวเลขแสดงปริมาณเป็น ๑/๑๐ ซีซี) อาจใช้แว่นช่วย จะทำให้สามารถอ่านค่าได้แม่นยำถึง ๐.๐๒๕ ซีซี หรือ ๐.๐๕ %

๔. ทำให้ความดันในหลอดบรรจุแก๊สเป็นบวก (ดูข้อ ๖ ในหลักทั่วไป)

๕. เปิดท่อน้ำยาพัยโรแกลเลท ผ่านแก๊สเข้าไปในน้ำยาประมาณ ๒๐ ครั้ง กลับไปกลับมา กวนน้ำ อ่านบริมาตร (ดูข้อ ๒ และ ๓ ในหลักทั่วไป)

๖. ผ่านแก๊สเข้าไปในน้ำยาอีกให้มากกว่า ๕ ครั้ง อ่านค่าเหมือนครั้งแรก

๗. ผ่านแก๊สเข้าไปในน้ำยาอีกให้มากกว่า ๕ ครั้ง ทำซ้ำจนกระทั่งค่าที่อ่าน ๒ ครั้ง ห่างกันไม่เกิน ๐.๐๒๕ ซี ซี (ตอนนี้ อากาศในหลอดบรรจุแก๊สจะมีแต่ไนโตรเจ็นอย่างเดียว พร้อมที่จะใช้วิเคราะห์แก๊สอื่น ๆ ได้ต่อไป)

ข้อสังเกตุ

๑. คาร์บอน ไดออกไซด์ จะถูกดูดพร้อมกับ ออกซิเจ็น

๒. การทำให้อากาศในหลอดบรรจุแก๊สเป็นไนโตรเจ็นนี้ ต้องกระทำก่อนที่จะมีการวิเคราะห์แก๊สอื่น ๆ ทุกครั้ง และหลังจากการวิเคราะห์ทุกครั้งจะต้องปิดท่อทุกท่อให้แน่น เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการวิเคราะห์แก๊สครั้งต่อไป อย่างไรก็ตาม ถ้าทิ้งเครื่องวิเคราะห์**ไว้เช่นนี้ทั้งคืน** จะต้องทำให้อากาศในหลอดเป็นไนโตรเจ็นก่อนทุกครั้ง เพราะอาจมีอากาศจากภายนอกรั่วเข้าไปก็ได้

๘. การบรรจุอากาศเข้าเครื่องวิเคราะห์แก๊ส เปิดท่อนำอากาศเข้า ยกหลอดปรับระดับขึ้นช้า ๆ จนกระทั่งระดับน้ำในหลอดบรรจุแก๊สถึงเลข "ศูนย์" ทิ้งไว้ ๒ - ๓ นาที (โดยการนับ ๑ - ๒ - ๓ - ๔) แล้วคอยปล่อยให้อากาศจากภายนอกเข้าไปในหลอดจนถึงระดับ ๕๐ ซี ซี ทิ้งไว้ ๕ วินาที (นับ ๑ - ๑๐) เพื่อให้ความดันเท่ากัน ปิดท่อทุกท่อ อ่านบริมาตร

๙. ดูดออกซิเจ็น(และคาร์บอน ไดออกไซด์) ตามวิธีการในข้อ ๔ - ๗ ข้างบน

๑๐. การคำนวณ หาเปอร์เซ็นต์ออกซิเจ็นได้โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์ออกซิเจ็น} = \frac{(\text{บริมาตรอากาศเข้าไป} - \text{บริมาตรหลังจากดูดแล้ว})}{\text{บริมาตรอากาศที่ปล่อยเข้าไปที่แท้จริง}} \times ๑๐๐$$

เมื่อสามารถวิเคราะห์อากาศในห้องได้อย่างชำนาญและถูกต้อง ควรหัดวิเคราะห์แก๊สอื่น ๆ

การวิเคราะห์อากาศหายใจออก

ก. การเก็บอากาศหายใจออก ทำได้โดย

๑. ใช้สไปโรมิเตอร์ (Spirometer)

๒. ใช้ถุงเก็บอากาศ (Douglas bag)

ข. การวิเคราะห์อากาศหายใจออก

๑. การใส่อากาศหายใจออกเข้าเครื่องวิเคราะห์ ตั้งขวดเก็บตัวอย่างอากาศไว้บนหิ้งของเครื่องวิเคราะห์ เชื่อมท่อของเครื่องวิเคราะห์กับท่อขวดเก็บตัวอย่างอากาศ (อากาศในหลอดบรรจุแก๊สเป็นไนโตรเจ็น) ปล่อยอากาศเข้าไปในหลอดบรรจุแก๊ส (วิธีการเหมือนกับการใส่อากาศในห้องเข้าเครื่องวิเคราะห์) ทิ้งไว้ ๒ - ๓ วินาที เพื่อให้ความดันเท่ากัน ปิดท่อ อ่านบริมาตรอากาศ

๒. การดูดคาร์บอน ไดออกไซด์ เปิดคีมหนีบของโปตัสเซี่ยมฮัยดรอกไซด์ แล้วผ่านแก๊สเข้า

ไปในน้ำยา ๖ ครั้ง อ่านบริมาตรแล้วผ่านแก๊สเข้าไปอีกให้มากกว่า ๓ ครั้ง อ่านค่าครั้งที่ ๒ ทำซ้ำจนกระทั่งค่าที่อ่านได้ต่างกันไม่เกิน ๐.๒๕ ซีซี

๓. การดูดออกซิย์เจ็น (มีวิธีการเหมือนกับวิธีวิเคราะอากาศในห้อง)

๔. การคำนวณ จากบริมาตรอากาศหายใจออกทั้งหมด ส่วนประกอบของอากาศหายใจออกเราสามารถคำนวณสิ่งต่อไปนี้ได้คือ เปอร์เซ็นต์ออกซิย์เจ็น เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ การถ่ายเทอากาศ การใช้ออกซิย์เจ็น การเพิ่มของคาร์บอน ไดออกไซด์ในอากาศหายใจออก และอื่น ๆ

ข้อมูลที่ต้องรวบรวม

ก. ระยะเวลาที่เก็บรวบรวมอากาศหายใจออก (นาที)

ข. บริมาตรอากาศหายใจออกทั้งหมด (ลิตร)

ค. อุณหภูมิอากาศหายใจออก (° ซ.)

ง. อุณหภูมิของอากาศทั่วไปปกติ (° ซ.)

จ. ความดันบรรยากาศ (ค่าแก้แล้ว) (มม.ปรอท)

ฉ. ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิอากาศหายใจออก

ช. เปอร์เซ็นต์คาร์บอน ไดออกไซด์ (ดูข้างล่าง)

ซ. เปอร์เซ็นต์ออกซิย์เจ็น (ค่าแก้แล้ว) (ดูข้างล่าง)

บริมาตรอากาศหายใจออกที่ความดันบรรยากาศอุณหภูมิปกติและแห้ง

จากสูตร

$$\text{บริมาตรอากาศที่ N.T.P.และ Dry} = \text{ข} \times \frac{(\text{จ} - \text{ฉ})}{๗๖๐} \times \frac{๒๗๓}{๒๗๓ + \text{ค}}$$

(ก. ข. ค. และอื่น ๆ หมายถึงข้อมูลข้างบน)

บริมาตรออกซิย์เจ็นที่ถูกดูดไป(ค่าแก้แล้ว) เพื่อให้ได้ค่าที่แท้จริงของออกซิย์เจ็นที่ถูกดูดไป เปอร์เซ็นต์ออกซิย์เจ็นในอากาศหายใจออกไม่สามารถที่จะแยกออกได้โดยตรงจากเปอร์เซ็นต์ออกซิย์เจ็นในอากาศหายใจเข้า ดังนั้น อากาศหายใจออกจึงมีบริมาตรลดลง ออกซิย์เจ็นที่ถูกใช้หมดไปมีมากกว่าคาร์บอน ไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นได้โดยการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจ็น ดังนั้นบริมาตรอากาศหายใจออก ๑๐๐ ลิตร จะไม่เท่ากับบริมาตรอากาศที่หายใจเข้า ๑๐๐ ลิตร แต่จะเท่ากับ $๑๐๐ \times \frac{\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจ็นในอากาศหายใจออก}}{\text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจ็นในอากาศหายใจเข้า}}$ การคำนวณปริมาณการใช้ออกซิย์เจ็นจะต้องคำนึงถึงความจริงนี้ด้วย ดังตัวอย่างข้างล่าง

อากาศหายใจเข้า		อากาศหายใจออก	
CO_2	๐.๐๓ %	CO_2	๔.๕๕ %
O_2	๒๐.๔๓ %	O_2	๑๕.๐๘ %
N_2	๗๙.๐๔ %	N_2	๘๐.๓๗ %

บริมาตรอากาศหายใจออก ๑๐๐ ลิตร จะมีบริมาตรอากาศหายใจเข้า $๑๐๐ \times \frac{๘๐.๓๗}{๗๙.๐๔} = ๑๐๑.๗$ ลิตร

ซึ่งจะประกอบด้วย ออกซิเจ็น $๒๐.๙๓ \times \frac{๘๐.๓๗}{๗๙.๐๔} = ๒๑.๒๘$ ลิตร

ฉะนั้น บริมาตรของออกซิเจ็นที่ถูกดูดไป ไม่เท่ากับ (๒๐.๙๓ - ๑๕.๐๕) แต่จะเท่ากับ (๒๑.๒๘ - ๑๕.๐๘) ในอากาศหายใจออกซึ่งมีบริมาตร ๑๐๐ ลิตร

การคำนวณค่าการใช้ออกซิเจ็นที่ถูกต้องของผู้รับการทดลอง เป็นไปตามเหตุผลดังกล่าวแล้ว

ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น ตามทฤษฎี ค่าที่ถูกต้องควรจะเหมือนกับในกรณีของออกซิเจ็นที่มีน้อยในอากาศหายใจออก แต่ในอากาศหายใจเข้า ถ้าเป็นอากาศบริสุทธิ์จะประกอบด้วยคาร์บอน ไดออกไซด์เพียงเล็กน้อย(อาจตัดทิ้งได้) ค่าที่ถูกต้องก็อาจจะไม่ต้องคำนึงถึง การคำนวณการเพิ่มของคาร์บอน ไดออกไซด์ จึงอาจคำนวณได้โดยตรงจากผลการวิเคราะห์

คาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น = เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศหายใจออก
ในอากาศหายใจออก ๑๐๐ ลิตร - เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศหายใจเข้า

อัตราการถ่ายเทอากาศ

อัตราการถ่ายเทอากาศเป็นลิตรต่อนาที = $\frac{\text{บริมาตรอากาศหายใจออกที่แท้จริง}}{\text{ระยะเวลาที่เก็บรวบรวมอากาศ(นาที)}}$

ปริมาณการใช้ออกซิเจ็นใน ๑ ชั่วโมง(เป็นลิตร)

การใช้ออกซิเจ็นต่อชั่วโมง = (อัตราการถ่ายเทอากาศต่อนาที) $\times$ (เปอร์เซ็นต์ O_2 ที่ถูกดูด) $\times$ ๖๐ $\times$ ๑/๑๐

ปริมาณคาร์บอน ไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นใน ๑ ชั่วโมง(เป็นลิตร)

คาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นต่อชั่วโมง = (อัตราการถ่ายเทอากาศต่อนาที) $\times$ (เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น) $\times$ ๖๐ $\times \frac{๑}{๑๐๐}$

Respiratory Quotient

ค่าของ R.Q.ที่แท้จริง = $\frac{\text{ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นต่อชั่วโมง}}{\text{ปริมาณออกซิเจ็นที่ถูกดูดไปต่อชั่วโมง}}$

Table III

Correction for Barometric Readings

Millimetres to be subtracted from barometer (brass scale) reading to reduce them to 0 °C.

(Landolt-Bornstein, Physikalisch-chemische Tabellen 1950, p.35).

Temp.	Barometric Pressure in Millitres (as read)				
0 °C.	740	750	760	770	780
20.0	2.41	2.44	2.47	2.51	2.54
20.5	2.47	2.50	2.54	2.57	2.61
21.0	2.53	2.56	2.60	2.63	2.67
21.5	2.59	2.63	2.66	2.70	2.73
22.0	2.65	2.69	2.72	2.76	2.79
22.5	2.71	2.75	2.78	2.82	2.86
23.0	2.77	2.81	2.84	2.88	2.92
23.5	2.83	2.87	2.91	2.95	2.99
24.0	2.89	2.93	2.97	3.01	3.05
24.5	2.95	2.99	3.03	3.07	3.12
25.0	3.01	3.05	3.09	3.13	3.17
25.5	3.07	3.11	3.15	3.20	3.24
26.0	3.13	3.17	3.21	3.26	3.30
26.5	3.19	3.23	3.28	3.32	3.36
27.0	3.25	3.29	3.34	3.38	3.42
27.5	3.31	3.35	3.40	3.45	3.49

0°C	74o	75o	76o	77o	78o
28.o	3.37	3.41	3.46	3.51	3.55
28.5	3.43	3.48	3.52	3.57	3.62
29.o	3.49	3.54	3.58	3.63	3.68
29.5	3.55	3.6o	3.65	3.69	3.74
3o.o	3.61	3.66	3.71	3.75	3.8o
3o.5	3.67	3.72	3.77	3.82	3.87
31.o	3.73	3.78	3.83	3.88	3.93
31.5	3.79	3.84	3.89	3.94	3.99
32.o	3.85	3.9o	3.95	4.oo	4.o5
32.5	3.91	3.96	4.o1	4.o7	4.12
33.o	3.97	4.o2	4.o7	4.13	4.18
33.5	4.o3	4.o8	4.14	4.19	4.25
34.o	4.o9	4.14	4.2o	4.25	4.31
34.5	4.15	4.2o	4.26	4.31	4.37
35.o	4.21	4.26	4.32	4.38	4.43
35.5	4.26	4.32	4.38	4.44	4.5o
36.o	4.32	4.38	4.44	4.5o	4.56

Table IV

Vapour Tension of Water

The tension is given in millitres of mercury at 0° C.

(International Bureau of Weights and Measures)

Temp. C.	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
15	12.674	12.837	13.003	13.170	13.339
16	13.510	13.683	13.858	14.035	14.214
17	14.395	14.578	14.763	14.950	15.139
18	15.330	15.524	15.719	15.917	16.117
19	16.319	16.523	16.730	16.939	17.150
20	17.363	17.579	17.997	18.018	18.241
21	18.466	18.694	18.924	19.157	19.392
22	19.630	19.870	20.113	20.359	20.607
23	20.858	21.111	21.367	21.626	21.888
24	22.152	22.420	22.690	22.963	23.239
25	23.517	23.799	24.084	24.371	24.662
26	24.956	25.252	25.552	25.855	26.161
27	26.471	26.783	27.099	27.418	27.740
28	28.065	28.394	28.727	29.062	29.401
29	29.744	30.090	30.440	30.793	31.149

Temp. C.	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8
30	31.510	31.873	32.341	32.612	32.988
31	33.366	33.749	34.136	34.526	34.920
32	35.318	35.720	36.126	36.536	36.951
33	37.369	37.791	38.218	38.649	39.084
34	39.523	39.966	40.414	40.866	41.323
35	41.784	42.250	42.720	43.195	43.674
36	44.158	44.646	45.139	45.637	46.140
37	46.648	47.160	47.677	48.200	48.727
38	49.259	49.796	50.339	50.886	51.439
39	51.997	52.560	53.128	53.702	54.281
40	54.865	55.455	56.051	56.652	57.258
41	57.870	58.488	59.111	59.741	60.376
42	61.017	61.664	62.316	62.975	63.640
43	64.310	64.987	65.670	66.359	67.055
44	66.757	68.465	69.180	69.901	70.628

ข. ตัวอย่างการบันทึกการทดลอง

Bicycle Ergometer

วันทดลอง ๒๔ ตุลาคม ๒๕๑๖
ผู้ถูกทดลอง คงศักดิ์ เจริญรักษ์
น้ำหนัก ก่อนออกกำลัง ๖๑.๓๗ กิโลกรัม
หลังออกกำลัง ๖๐.๕๐ กิโลกรัม
อากาศแวดล้อมในการทดลอง ๔๐ °ซ., ๘๕ % R.H. (ร้อนชื้น)
เข้าห้องทดลองเวลา ๙ : ๔๐

เริ่มทดลองเวลา ๑๐ : ๔๐
น้ำหนักถ่วงเริ่มต้น ๑ ๑/๒ กิโลปอนด์

นาทีที่	อัตราชีพจร (ปกติ ๘๐ ครั้ง/ นาที)
๑	๑๒๕
๒	๑๓๓
๓	๑๓๘
๔	๑๔๕
๕	๑๔๘
๖	๑๕๐
เพิ่มน้ำหนักถ่วงเป็น ๒.๐ กิโลปอนด์	
๗	๑๖๕
๘	๑๗๐
๙	๑๗๖

ความดันบรรยากาศ (Corrected) = ๗๖๒.๕๐ - ๓.๔๖
= ๗๕๙.๐๔ มม. ปรอท
ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิอากาศหายใจออก = ๒๘.๐๖๕ มม. ปรอท

Rectal Temperature

(ปกติ ๓๙.๒ °ซ.)

นาทีที่	°ซ.
๑	๓๙.๒
๒	๓๙.๒
๓	๓๗.๓
๔	๓๗.๓
๕	๓๗.๓
๖	๓๗.๔
๗	๓๗.๔
๘	๓๗.๕
๙	๓๗.๕
๑๐	๓๗.๖
๑๑	๓๗.๖
๑๒	๓๗.๖
๑๓	๓๗.๗
๑๔	๓๗.๗
๑๕	๓๗.๘

Gas Volume

๑.	บริมาตรอากาศหายใจออกเก็บอากาศเป็นเวลา ๑ นาที ก่อนออกกำลัง	๔.๐ ลิตร
๒.	บริมาตรอากาศหายใจออกขณะออกกำลัง ๓ นาทีแรก	๖๘.๕ ลิตร
๓.	บริมาตรอากาศหายใจออกขณะออกกำลัง ๓ นาทีที่สอง	๙๗.๕ ลิตร
๔.	บริมาตรอากาศหายใจออกขณะออกกำลัง ๓ นาทีสุดท้าย	๑๓๓.๐ ลิตร

Gas Analysis

สวนประกอบอากาศหายใจออก

๑. อากาศหายใจออกกอนออกกำลัง

๑.๖ ซี.ซี. (N_2 ที่เหลือในหลอดบรรจุแก๊ส)

๓๐.๐ ซี.ซี. (อากาศหายใจออกที่บรรจุเข้าไปรวมกับ N_2 ในหลอด)

๒๘.๔ ซี.ซี. (ปริมาตรอากาศหายใจออกที่แท้จริง)

ดูด CO_2

ดูดครั้งที่ ๑ เหลือ ๒๘.๒ ซี.ซี.

ดูดครั้งที่ ๒ เหลือ ๒๘.๒ ซี.ซี.

CO_2 ที่ถูกดูดไป ๐.๘ ซี.ซี. เท่ากับ ๒.๘๒ %

ดูด O_2

ดูดครั้งที่ ๑ เหลือ ๒๔.๖ ซี.ซี.

ดูดครั้งที่ ๒ เหลือ ๒๔.๕ ซี.ซี.

ดูดครั้งที่ ๓ เหลือ ๒๔.๔๕ ซี.ซี.

ดูดครั้งที่ ๔ เหลือ ๒๔.๔๕ ซี.ซี.

O_2 ที่ถูกดูดไป ๔.๗๕ ซี.ซี. เท่ากับ ๑๖.๗๓ %

๒. อากาศหายใจออกขณะออกกำลัง ๓ นาทีแรก

๑.๔

๓๐.๐

๒๘.๑

CO_2

๑. ๒๘.๔

๒. ๒๘.๔

๑.๑ = ๓.๙๑ %

O_2

๑. ๒๔.๔

๒. ๒๔.๒

๓. ๒๔.๒

๔.๗ = ๑๖.๗๒ %

๓. อากาศหายใจออกขณะออกกำลัง ๓ นาทีที่สอง

๑.๔

๓๑.๐

๒๔.๑

CO_2

๑. ๒๔.๘

๒. ๒๔.๘

๑.๒ = ๔.๑๒ %

O_2

๑. ๒๕.๐๕

๒. ๒๕.๐

๓. ๒๕.๐

๔.๘ = ๑๖.๔๔ %

๔. อากาศหายใจออกขณะออกกำลัง ๓ นาทีสุดท้าย

๑.๕

๓๔.๗

๓๓.๒

CO_2

๑. ๓๓.๐

๒. ๓๓.๐

๑.๗ = ๕.๑๒ %

O_2

๑. ๒๘.๐

๒. ๒๗.๔

๓. ๒๗.๘

๔. ๒๗.๘

๕.๒ = ๑๕.๖๘ %

สวนประกอบของอากาศในหอง (จากการวิเคราะห์)

CO_2 = ๐.๐๓ %

O_2 = ๑๔.๑๓ %

N_2 = ๘๐.๘๔ %

ค. การคำนวณ (ตัวอย่างขณะออกกำลัง ๓ นาทีสุดท้าย)

<u>บริมาตรอากาศหายใจออกที่ N.T.P. และ Dry</u>

บริมาตรอากาศหายใจออก (ลิตร) = ๑๘๓ × ($\frac{๗๖๒.๕๐ - ๓.๔๖}{๗๖๐}$) × $\frac{๒๗๓}{๒๗๓ + ๒๘}$

= ๑๓๓ × .๙๖๑ × .๘๐๖

= ๑๑๕.๗๑ ลิตร

<u>บริมาณออกซิย์เจ็นที่ถูกดูดไป</u> (Corrected)

Inspired Air(room air)		Expired Air	
CO_2	๐ .๐๓ %	CO_2	๕.๑๒ %
O_2	๑๙.๑๓ %	O_2	๑๕.๖๘ %
N_2	๘๐.๘๔ %	N_2	๗๙.๒๐ %

O_2 ในอากาศหายใจเข้า = ๑๙.๑๓ × $\frac{๗๙.๒๐}{๘๐.๘๔}$

= ๑๘.๗๕ %

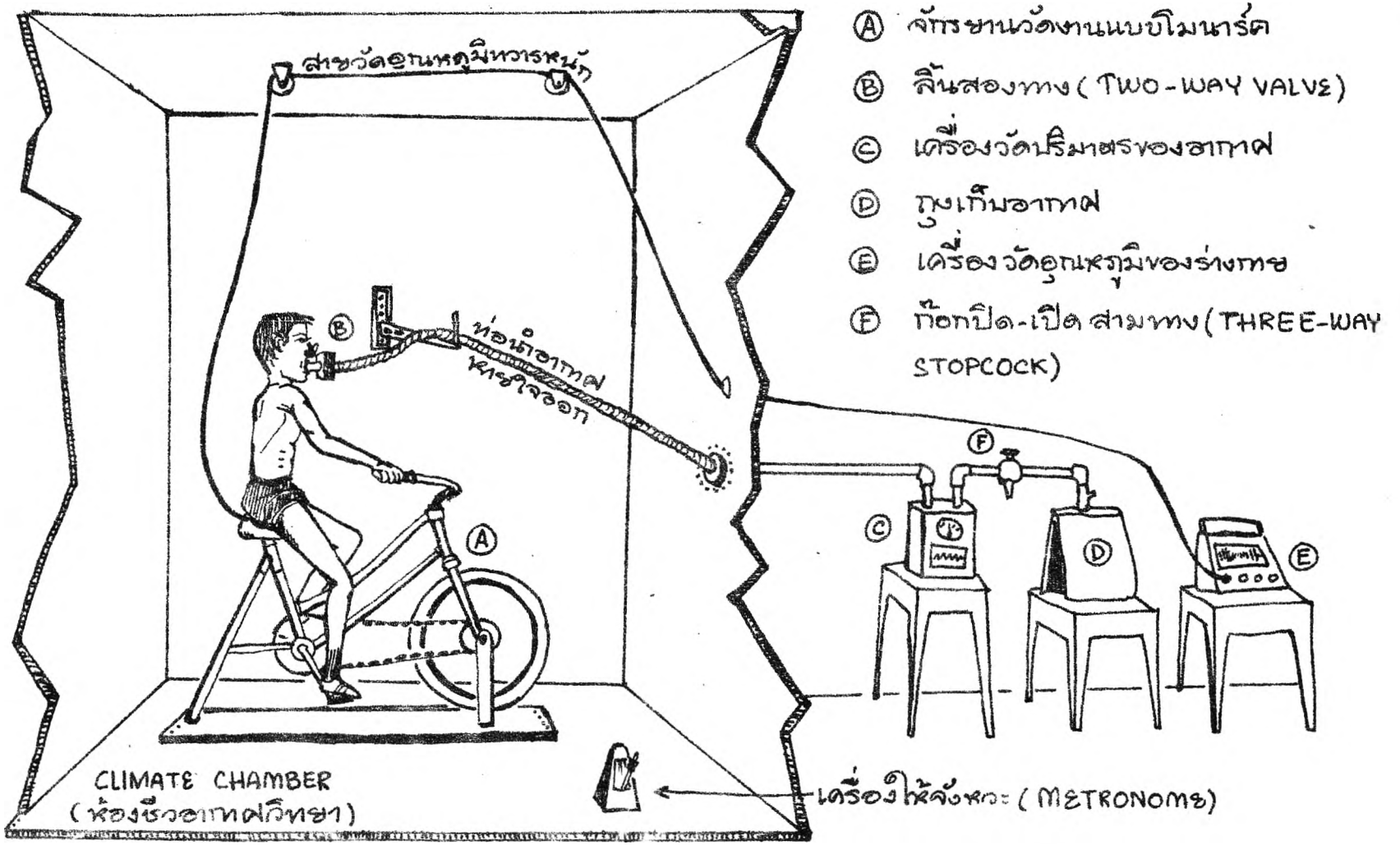
true vol.of O_2 absorbed = ๑๘.๗๕ - ๑๕.๖๘

= ๓.๐๗ %

Oxygen Consumption = $\frac{๓.๐๗ \times ๑๑๕.๗}{๑๐๐}$

= ๓.๕๕ ลิตร

รูปแสดงการทดลอง



Ⓐ จักรยานวัดงานแบบโมนาร์ค

Ⓑ ลิ้นสองทาง (TWO-WAY VALVE)

Ⓒ เครื่องวัดปริมาตรของอากาศ

Ⓓ ถุงเก็บอากาศ

Ⓔ เครื่องวัดอัตราการหายใจของร่างกาย

Ⓕ ก๊อกปิด-เปิด สามทาง (THREE-WAY STOPCOCK)

ประวัติการศึกษา

ชื่อ	นายประพัฒน์ ลักษณพิสุทธิ์
วุฒิการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.)
สถานศึกษา	วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร
ปีที่สำเร็จ	ปีการศึกษา ๒๕๑๒
วุฒิการศึกษา	ประกาศนียบัตรชั้นสูง (พลศึกษา)
สถานศึกษา	คณะบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จ	ปีการศึกษา ๒๕๑๔
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนวัดศรีโลหะราชฎร์บำรุง อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี
ตำแหน่ง	ครูตรี