



แนวข้อสอบ

ภาค ข.

เตรียมสอบบรรจุ

การปกครอง

ท้องถิ่น [กสท.]

นายช่างไฟฟ้า



ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเบื้องต้น

1.1 บทนำ

ไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญยิ่งประการหนึ่งต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ตั้งแต่แรกเกิดในโรงพยาบาล การใช้ชีวิตประจำวันในบ้านเรือน การเรียนการสอนในสถานศึกษา การสัญจรไปมาในเส้นทางต่าง ๆ การรักษาพยาบาล จวบจนเสียชีวิต ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าโดยตรง คือ วิศวกรไฟฟ้า ซึ่งดูแลรับผิดชอบตั้งแต่ระบบผลิตพลังงานไฟฟ้า ระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า และระบบจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าด้วยไฟฟ้าระดับแรงดันสูงมากกว่า 1,000 โวลต์ การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร บ้านพักอาศัย และสถานประกอบการ ด้วยไฟฟ้าระดับแรงดันต่ำกว่า 1,000 โวลต์ ตลอดจนอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

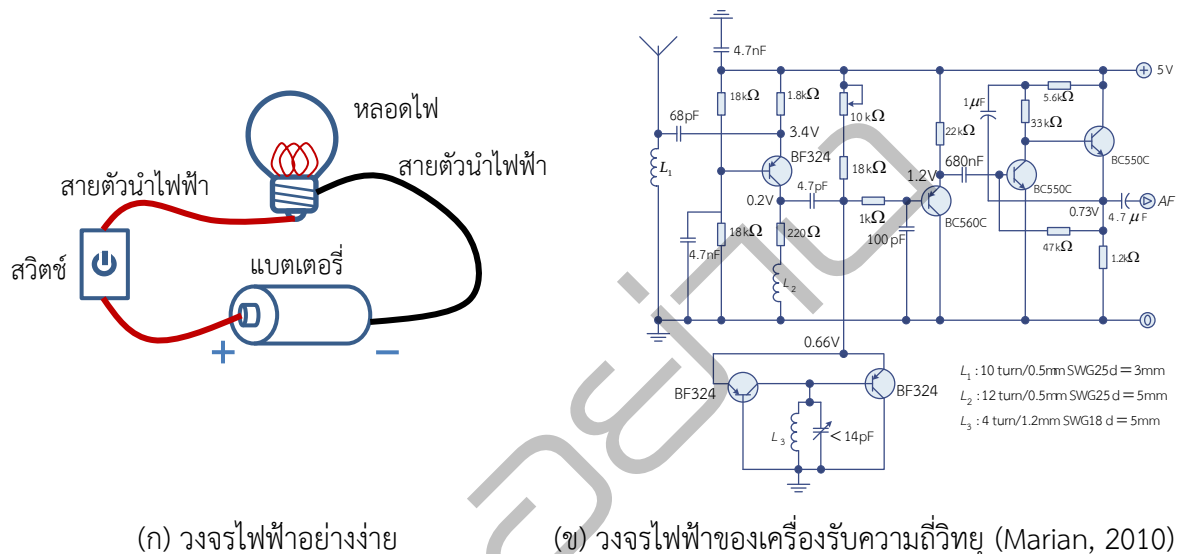
วงจรไฟฟ้า เป็นวิชาทฤษฎีพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า มาตรฐานคุณวุฒิระดับปริญญาตรีสาขาวิศวกรรมศาสตร์ พ.ศ. 2553 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553) ได้อธิบายลักษณะของสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ไว้ ดังนี้ “สาขาวิศวกรรมศาสตร์ เป็นสาขาวิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ มีหลายสาขาย่อยทำให้เกิดความหลากหลายในด้านองค์ความรู้และสาขาวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้พื้นฐานความรู้ของสาขาวิศวกรรมศาสตร์ประกอบด้วยความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์พื้นฐานและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ เพื่อนำไปสู่การต่อยอดองค์ความรู้ด้วยศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาชีพ” โดยสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้าที่ระบุ ใน มคอ.1 ประกอบด้วย 5 สาขาวิชา ดังนี้

1. วิศวกรรมไฟฟ้า
2. วิศวกรรมไฟฟ้า (สาขาย่อยไฟฟ้ากำลัง)
3. วิศวกรรมไฟฟ้า (สาขาย่อยไฟฟ้าสื่อสาร/โทรคมนาคม) หรือ วิศวกรรมโทรคมนาคม หรือ วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร
4. วิศวกรรมไฟฟ้า (สาขาย่อยอิเล็กทรอนิกส์) หรือ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
5. วิศวกรรมไฟฟ้า (สาขาย่อยระบบวัดคุม) หรือ วิศวกรรมระบบวัดคุม หรือ วิศวกรรมอัตโนมัติ

ผู้ศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าทั้ง 5 สาขาวิชา จะต้องศึกษาวิชาวงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นรายวิชาพื้นฐานที่สำคัญต่อการศึกษารายวิชาอื่น ๆ ในกลุ่มความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ทั้งในด้านการผลิต การส่ง และการจ่ายกำลังไฟฟ้า เครื่องจักรกลไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ระบบควบคุมแบบต่าง ๆ วงจรอิเล็กทรอนิกส์และอิเล็กทรอนิกส์กำลัง การวัดและเครื่องมือวัด และระบบสื่อสาร เป็นต้น สอดคล้องกับระเบียบสภาวิศวกรว่าด้วย วิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ วิชาพื้นฐานทางด้านวิศวกรรม และวิชาเฉพาะทางวิศวกรรม ที่สภาวิศวกรจะให้การรับรองปริญญา ประกาศนียบัตร และวุฒิปัตร ในการประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม

พ.ศ. 2558 (สภาวิศวกร, 2558) ที่กำหนดให้วิชาวงจรไฟฟ้า (Electric circuit) เป็นรายวิชาในกลุ่มวิชาพื้นฐานทางวิศวกรรมของสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทั้งงานไฟฟ้ากำลังและงานไฟฟ้าสื่อสาร

วงจรไฟฟ้า หมายถึง การเชื่อมโยงหรือการต่อเข้าด้วยกันขององค์ประกอบทางไฟฟ้า ในการศึกษาด้านวิศวกรรมไฟฟ้าจะเป็นการพิจารณาเกี่ยวกับทิศทาง การไหลและปริมาณของกระแสไฟฟ้า ขั้วและปริมาณของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมองค์ประกอบทางไฟฟ้าในวงจร กำลังไฟฟ้าและการส่งผ่านพลังงานไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในวงจรไฟฟ้านั้น ๆ ในบทนี้จะอธิบายถึง ระบบหน่วย ประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า องค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า การคำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้แนวคิดเบื้องต้น ตามลำดับ ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า แสดงดังภาพ 1.1



ภาพ 1.1 ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า

จากภาพ 1.1 (ก) ซึ่งเป็นวงจรไฟฟ้าอย่างง่าย ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบพื้นฐาน ดังนี้ แหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง คือ แบตเตอรี่ โหลด คือ หลอดไฟฟ้า และสายตัวนำไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน คือ สวิตช์ ในการวิเคราะห์วงจรทำได้โดยใช้กฎพื้นฐาน คือ กฎของโอห์ม มาช่วยวิเคราะห์หากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าและพลังงานที่ใช้ในวงจร และภาพ 1.1 (ข) เป็นวงจรเครื่องรับความถี่วิทยุซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก การต่อวงจรมีลักษณะซับซ้อนในการวิเคราะห์วงจรจะต้องใช้กฎ และทฤษฎีต่าง ๆ ทางไฟฟ้ามาช่วยในการวิเคราะห์ รวมถึงจะต้องนำคุณลักษณะทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ามาร่วมพิจารณาด้วย ซึ่งจะอธิบายในบทต่อไป

ด้วยเทคโนโลยีการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันที่รู้จักกันในชื่อ เทคโนโลยียึดติดอุปกรณ์กับพื้นผิว (Surface-mount technology; SMT) ซึ่งสามารถผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้มีขนาดเล็กลงและสามารถยึดติดเข้ากับแผ่นลายพิมพ์วงจรได้โดยไม่ต้องเจาะแผ่นพิมพ์ลายวงจรเพื่อบัดกรีขาของอุปกรณ์ และทำให้แผ่นวงจรมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา สะดวกต่อการออกแบบและการพัฒนาวงจรมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างแผ่นพิมพ์วงจรที่ใช้อุปกรณ์ยึดติดบนพื้นผิว (Surface-mount Device; SMD) แสดงดังภาพ 1.2 (ก) เปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบเดิมดังแสดงในภาพ 1.2 (ข)



(ก) Raspberry Pi 2011



(ข) iMac 1998

ภาพ 1.2 แผ่นลายพิมพ์วงจร

1.2 ระบบหน่วย

ในด้านวิศวกรรมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในการคำนวณและในภาคปฏิบัติจะมีการวัด การแสดงถึงปริมาณหรือขนาดของสิ่งที่สนใจ โดยปริมาณที่คำนวณหรือวัดได้จะต้องสามารถแสดงหรืออธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ด้วย เพื่อความสะดวกในการอธิบาย และการสื่อสารระหว่างกัน

ระบบวัดมาตรฐานโดยทั่วไปจะใช้ ระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ หรือ ระบบเอสไอ (International System of Units: SI Unit) ระบบเอสไอได้รับการพัฒนาในปี ค.ศ. 1960 โดยพัฒนามาจากระบบหน่วยเมตร-กิโลกรัม-วินาที (meter-kilogram-second: MKS) และได้ปรับเปลี่ยนนิยามรวมถึงเพิ่มลดหน่วยฐานเอสไามาตลอด ตามการพัฒนาเทคโนโลยีทางการวัด เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงในการวัดมากขึ้น ระบบเอสไอประกอบด้วย หน่วยฐาน และหน่วยอนุพันธ์ ดังตาราง 1.1 ถึง 1.2

ตาราง 1.1 หน่วยฐานในระบบเอสไอ (SI Base Units)

ปริมาณ (Quantity)	หน่วยฐาน (Base unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)
ความยาว (Length)	เมตร (Meter)	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม (Kilogram)	kg
เวลา (Time)	วินาที (Second)	s
กระแสไฟฟ้า (Electric current)	แอมแปร์ (Ampere)	A
อุณหภูมิ (Temperature)	เคลวิน (Kelvin)	K
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous intensity)	แคนเดลา (Candela)	cd
ปริมาณสาร (Amount of substance)	โมล (Mole)	mol

(International System of Units, 2016)

ตาราง 1.2 หน่วยอนุพันธ์ในระบบเอสไอ (SI Derived Units)

ปริมาณเชิงอนุพันธ์ (Derives quantity)	หน่วยอนุพันธ์ (Derived unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)
พื้นที่ (Area)	ตารางเมตร (Square meter)	m ²
ปริมาตร (Volume)	ลูกบาศก์เมตร (Cubic meter)	m ³
อัตราเร็ว ความเร็ว (Speed, velocity)	เมตรต่อวินาที (Meter per second)	m/s, m·s ⁻¹
ความเร่ง (Acceleration)	เมตรต่อวินาที (Meter per second Squared)	m/s ² , m·s ⁻²
ความหนาแน่น (Density)	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Kilogram per cubic meter)	kg/m ³ , kg·m ⁻³
ความเข้มข้นเชิงปริมาณสาร (Amount-of-substance concentration)	โมลต่อลูกบาศก์เมตร (Mole per cubic meter)	mol/m ³ , mol·m ⁻³

(International System of Units, 2016)

นอกจากหน่วยฐาน และหน่วยอนุพันธ์ ดังตาราง 1.1 และ 1.2 แล้ว ยังมีหน่วยที่ตั้งชื่อใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสิ่งที่สนใจ โดยเกิดจากการอนุพันธ์หน่วยฐานในระบบเอสไอ แสดงดังตาราง 1.3

ตาราง 1.3 หน่วยชื่อใหม่ (Named units derived from SI base units)

ปริมาณ (Quantity)	ชื่อ (Name)	สัญลักษณ์ (Symbol)
มุม (Angle)	เรเดียน (Radian)	rad, m·m ⁻¹
มุมตัน (Solid angle)	สเตอเรเดียน (Steradian)	sr, m ² ·m ⁻²
ความถี่ (Frequency)	เฮิรตซ์ (Hertz)	Hz, s ⁻¹
แรง (Force) น้ำหนัก (Weight)	นิวตัน (Newton)	N, kg·m·s ⁻²
ความดัน (Pressure) ความเค้น (Stress)	พาสคาล (Pascal)	Pa, N/m ² , kg·m ⁻¹ ·s ⁻²
พลังงาน (Energy) งาน (Work) ความร้อน (Heat)	จูล (Joule)	J, N·m, kg·m ² ·s ⁻²
กำลังงาน (Power) ฟลักซ์การแผ่รังสี (Radiant flux)	วัตต์ (Watt)	W, J/s, kg·m ² ·s ⁻³

ตาราง 1.3 (ต่อ)

ปริมาณ (Quantity)	ชื่อ (Name)	สัญลักษณ์ (Symbol)
ประจุไฟฟ้า (Electric charge or Quantity of electricity)	คูลอมบ์ (Coulomb)	C, s·A
ศักย์ไฟฟ้า [Voltage (Electrical Potential Difference), Electromotive Force]	โวลต์ (Volt)	V, W/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-1}$
ความจุไฟฟ้า (Electric Capacitance)	ฟาราด (Farad)	F, C/V, $\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^4\cdot\text{A}^2$
ความต้านทานไฟฟ้า (Electric Resistance, Impedance, Reactance)	โอห์ม (Ohm)	Ω , V/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-3}\cdot\text{A}^{-2}$
ความนำไฟฟ้า (Electrical Conductance)	ซีเมนส์ (Siemens)	S, A/V, $\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^3\cdot\text{A}^2$
ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux)	เวเบอร์ (Weber)	Wb, V·s, $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Field Strength)	เทสลา (Tesla)	T, Wb/m ² , $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-1}$
ความเหนี่ยวนำ (Inductance)	เฮนรี (Henry)	H, Wb/A, $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{A}^{-2}$
อุณหภูมิองศาเซลเซียส (Temperature relative to 273.15 K)	องศาเซลเซียส (degree Celsius)	°C, K
ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux)	ลูเมน (Lumen)	Lm, cd·sr, cd
ความสว่าง (Illuminance)	ลักซ์ (Lux)	Lx, lm/m ² , m ⁻² ·cd
กัมมันตภาพรังสี [Radioactivity (Decays per unit time)]	เบคเคอเรล (Becquerel)	Bq, s ⁻¹
ปริมาณรังสีดูดกลืน [Absorbed Dose (of ionizing radiation)]	เกรย์ (Gray)	Gy, J/kg, m ² ·s ⁻²
ปริมาณรังสีสมมูล [Equivalent Dose (of ionizing radiation)]	ซีเวิร์ต (Sievert)	Sv, J/kg, m ² ·s ⁻²
ความสามารถเร่งปฏิกิริยาเคมี (Catalytic Activity)	คาทาล (katal)	kat, mol·s ⁻¹

(International System of Units, 2016)

ข้อสังเกต 1.1

สัญลักษณ์ของหน่วยอนุพันธ์จะเชื่อมด้วยจุดกลาง (dot) (·) ไม่ใช่จุดล่าง (มหัพภาค) (.) เช่น ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (Coulomb: C) หรือ s·A งาน มีหน่วยเป็น จูล (Joule: J) หรือ N·m หรือ $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ ความสว่าง มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux: Lx) หรือ lm/m^2 หรือ $\text{m}^{-2}\cdot\text{cd}$ เป็นต้น

การเขียนหน่วยโดยใช้สัญลักษณ์ภาษาอังกฤษ จะเขียนด้วยจำนวนเอกพจน์เสมอ และไม่ลงท้ายด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) เนื่องจากเป็นหน่วยไม่ใช่ตัวย่อ ยกเว้นเป็นค่าลงท้ายประโยคในภาษาอังกฤษ เช่น 15 cm ไม่ใช่ 15 cms และ 220 V ไม่ใช่ 220 V. เป็นต้น

นอกจากระบบหน่วยแล้ว ยังมีคำอุปสรรคในหน่วยเอสไอ (SI prefix) คือ คำนำหน้าหน่วยเอสไอ ใช้เพื่อแสดงปริมาณหรือจำนวนให้มีความกะทัดรัด โดยสร้างพหุคูณของหน่วยเอสไอเดิม พหุคูณของหน่วยเอสไอจะเป็นสืบกกำลังด้วยจำนวนเต็มเท่าต่าง ๆ และนอกเหนือจากสิบเท่า ร้อยเท่า ส่วนสิบเท่า และส่วนร้อยเท่าแล้ว จะเป็นพหุคูณของพันเท่าและส่วนพันเท่าทั้งหมด คำนำหน้าที่ใช้ในหน่วยเอสไอ แสดงดังตาราง 1.4

ตัวอย่างการเติมคำนำหน้าหน่วยเอสไอ เพื่อแสดงถึงหน่วยที่มีปริมาณมากกว่าหรือน้อยกว่า เช่น

1 kg	= 1 <u>kilo</u> gram	= 1×10^3 gram	= 1,000 gram
3 M Ω	= 3 <u>mega</u> ohm	= 3×10^6 ohm	= 3,000,000 ohm
5 Gbyte	= 5 <u>giga</u> byte	= 5×10^9 byte	= 5,000,000,000 byte
1 μH	= 1 <u>micro</u> henry	= 1×10^{-6} henry	= 0.000 001 henry
22 nC	= 22 <u>nano</u> coulomb	= 22×10^{-9} coulomb	= 0.000 000 022 coulomb
1 kV	= 1,000 V	= 1,000,000 mV	
5 mA	= 0.005 A	= 0.000 005 kA	
4 μF	= 0.004 mF	= 0.000 004 F	= 0.000 000 004 kF

ข้อสังเกต 1.2

สัญลักษณ์ของคำนำหน้าที่ใช้ตัวอักษร Y Z P M มีทั้งตัวพิมพ์เล็กและตัวพิมพ์ใหญ่ สัญลักษณ์ของคำนำหน้าหน่วยทุกคำที่มากกว่า กิโล (kilo) หรือ 10^3 จะเป็นสัญลักษณ์อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด และมีสัญลักษณ์ของคำนำหน้า ไมโคร (micro) หรือ 10^{-6} เพียงคำเดียวที่เป็นอักษรกรีกพิมพ์เล็ก (μ) ในทางวิศวกรรมนิยมแสดงตัวเลขแบบ engineering units โดยจะแสดงจำนวนด้วยตัวเลขระหว่าง 1 ถึง 999 ร่วมกับคำนำหน้าหน่วยที่เลขยกกำลังหารด้วย 3 ลงตัว เช่น 5 mA, 4 μF , 22 nC, 1 kV, 3 M Ω เป็นต้น

ตาราง 1.4 คำนำน้าหน่วยในระบบเอสไอ (SI Prefixes)

คำนำหน้า (Prefix)	สัญลักษณ์ (Symbol)	ตัวคูณ (Multiple)	ความหมาย (Meaning)
ยอตตะ (yotta)	Y	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000
เซตตะ (zetta)	Z	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000
เอกซะ (exa)	E	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
เพตะ (peta)	P	10^{15}	1,000,000,000,000,000
เทระ (tera)	T	10^{12}	1,000,000,000,000
จิกะ (giga)	G	10^9	1,000,000,000
เมกะ (mega)	M	10^6	1,000,000
กิโล (kilo)	k	10^3	1,000
เฮกโต (hector)	h	10^2	100
เดคา (deka)	da	10^1	10
-	-	10^0	1
เดซี (decí)	d	10^{-1}	0.1
เซนติ (centi)	c	10^{-2}	0.01
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}	0.001
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}	0.000 001
นาโน (nano)	n	10^{-9}	0.000 000 001
พิโก (pico)	p	10^{-12}	0.000 000 000 001
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
อัตโต (atto)	a	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001
เซปโต (zepto)	z	10^{-21}	0.000 000 000 000 000 000 001
ยอกโต (yocto)	y	10^{-24}	0.000 000 000 000 000 000 000 001

(International System of Units, 2016)

1.3 ประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

การค้นพบเกี่ยวกับไฟฟ้ามีมากกว่า 2,600 ปี ต้นกำเนิดของคำว่า ไฟฟ้า (electricity) มีที่มาจากคำว่า อิเล็กตรอน (elektron) ในภาษากรีก ซึ่งหมายถึง แท่งอำพัน โดย เถลีส แห่ง มิโลทัส (Thales of Miletus) นักคณิตศาสตร์ชาวกรีกโบราณ ได้ค้นพบว่า เมื่อนำแท่งอำพันไปถูกับผ้าขนสัตว์จะเกิดการสะสมของประจุไฟฟ้า (charge) บนแท่งอำพันนั้น ซึ่งสามารถดึงดูดวัตถุที่มีน้ำหนักเบา ๆ อย่างเช่นเส้นผมได้ และถ้าหากถูแท่งอำพันกับผ้าขนสัตว์นานมากพอก็จะทำให้เกิดประกายไฟได้ โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวเรียกว่า การเกิดประจุไฟฟ้าสถิตจากการสัมผัสของวัตถุ (Triboelectric effect) (Electric charge, 2016)

วัตถุต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวเราล้วนเป็นสสารทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว ก๊าซ หรือ พลาสมา สสารประกอบด้วยด้วยอะตอม แต่ละอะตอมประกอบด้วยอนุภาค ได้แก่ โปรตอน (proton) และ นิวตรอน (neutron) รวมกันอยู่ในนิวเคลียสของอะตอม และมีอิเล็กตรอน (electron) เคลื่อนที่ตามวงโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส โดยปกติอะตอมจะอยู่ในสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้า คือ มีความสมดุลระหว่างประจุบวกของโปรตอนและประจุลบของอิเล็กตรอน ในกรณีที่อะตอมได้รับอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นจะแสดงตัวเป็นประจุลบ และในทางตรงกันข้ามถ้าอะตอมสูญเสียอิเล็กตรอนจะแสดงตัวเป็นประจุบวก การได้รับหรือการสูญเสียอิเล็กตรอนมีโอกาสมากกว่าโปรตอน เนื่องจากอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในวงโคจรรอบนิวเคลียส อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรชั้นนอกสุดของอะตอม (valence electron) มีโอกาสหลุดออกจากวงโคจรได้มากกว่า ตัวอย่างโครงสร้างอะตอมที่ประกอบด้วยโปรตอน นิวตรอนที่รวมตัวกันเป็นนิวเคลียสและมีอิเล็กตรอนโคจรโดยรอบ แสดงดังภาพ 1.3 และสัญลักษณ์ มวล คุณสมบัติทางไฟฟ้าและขนาดของอนุภาคมูลฐานในอะตอม แสดงดังตาราง 1.5

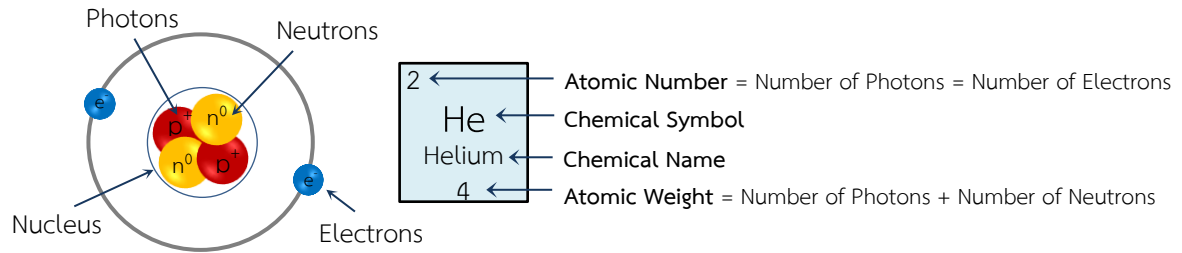
ข้อสังเกต 1.3

จำนวนอิเล็กตรอนสูงสุดในแต่ละชั้นวงโคจรรอบนิวเคลียส (shell) จะมีค่าเท่ากับ $2n^2$ โดยที่ n คือ ลำดับที่ของชั้นวงโคจรที่อยู่ห่างออกไปจากนิวเคลียส และมีข้อกำหนดของจำนวนอิเล็กตรอนในชั้นวงโคจรดังนี้

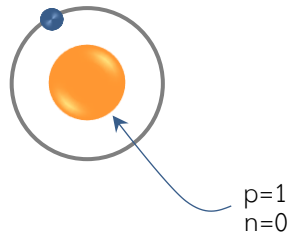
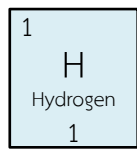
1. ชั้นวงโคจรวงนอกสุดของอะตอมนั้น ๆ จะมีอิเล็กตรอนไม่เกิน 8 ตัว
2. ชั้นวงโคจรชั้นถัดจากชั้นนอกสุดของอะตอมนั้น ๆ จะมีอิเล็กตรอนได้ไม่เกิน 18 ตัว

วาเลนซ์อิเล็กตรอนหรืออิเล็กตรอนวงนอกสุดจะเป็นตัวบ่งบอกถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของสสารต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ตัวนำไฟฟ้า สารกึ่งตัวนำ และฉนวนไฟฟ้า ดังภาพ 1.3 ดังนี้

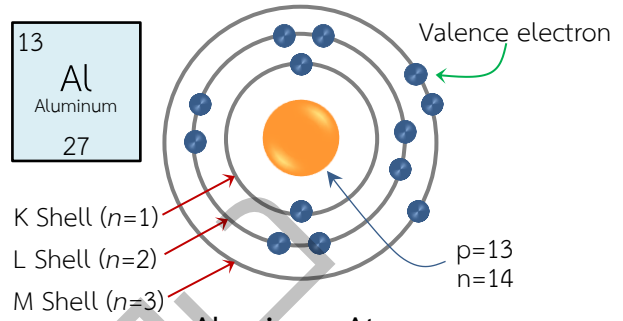
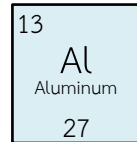
1. ตัวนำไฟฟ้า จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 1 - 3 ตัว เช่น He, H และ Al
2. สารกึ่งตัวนำ จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 4 ตัว เช่น C และ Si
3. ฉนวนไฟฟ้า จะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน จำนวน 5 - 8 ตัว เช่น Ne และ A



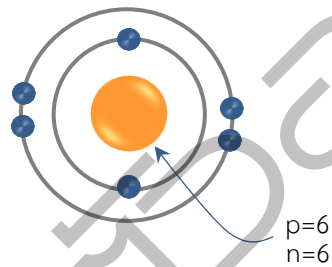
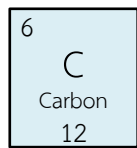
Helium Atom



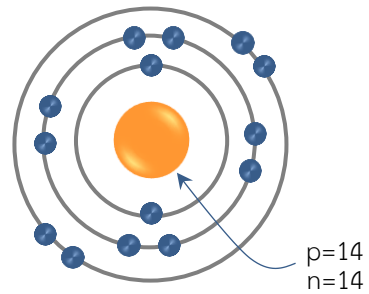
Hydrogen Atom



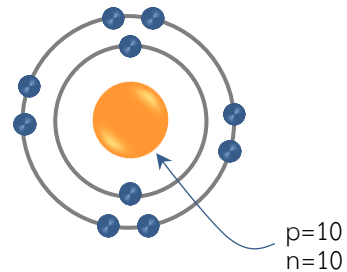
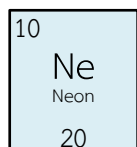
Aluminum Atom



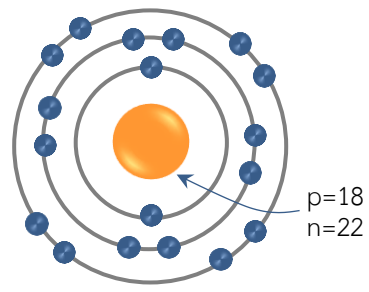
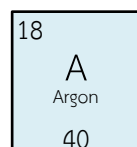
Carbon Atom



Silicon Atom



Neon Atom



Argon Atom

ภาพ 1.3 ตัวอย่างโครงสร้างอะตอม

ตาราง 1.5 สมบัติของอนุภาคมูลฐานในอะตอม

อนุภาค	สัญลักษณ์	มวล		ประจุไฟฟ้า (q)	
		กรัม (g)	atomic mass unit	คูลอมบ์ (C)	ชนิดของประจุไฟฟ้า
โปรตอน	p	1.6725×10^{-24}	1.007274	1.602×10^{-19}	+1
นิวตรอน	n	1.6748×10^{-24}	1.008665	0	0
อิเล็กตรอน	e	9.09×10^{-28}	0.000549	1.602×10^{-19}	-1

(อิกิ้นท์ อูร์โสณ, 2554)

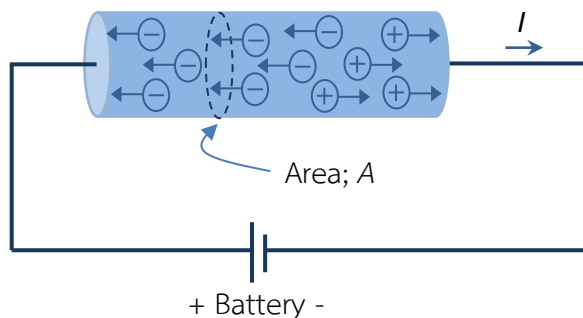
ปริมาณของประจุไฟฟ้า (charge) เป็นปริมาณพื้นฐานที่สำคัญที่ช่วยอธิบายปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี โดยปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าในชีวิตประจำวันที่จะพบประจุไฟฟ้าได้ เช่น การเกิดไฟฟ้าสถิตระหว่างเสื้อผ้ากับร่างกาย การสัมผัสกันโดยบังเอิญในพื้นที่ปรับอากาศ หรือการสัมผัสโลหะในบริเวณที่มีอากาศแห้ง เป็นต้น

ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (coulomb; C) เพื่อเป็นเกียรติแก่ ชาร์ล-โอกุสต์แต็ง เดอ กูลอง (Charles-Augustin de Coulomb) นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส เป็นผู้คิดค้นกฎที่เกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้า อิเล็กตรอน e มีประจุเป็นลบและมีขนาด 1.602×10^{-19} C ในขณะที่โปรตอน p มีประจุเป็นบวกที่มีขนาดเท่ากับอิเล็กตรอน ดังตาราง 1.5 ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อะตอมมีประจุเป็นกลาง

ประจุ 1 C ประกอบด้วย $1/(1.602 \times 10^{-19}) = 6.24 \times 10^{18}$ อิเล็กตรอน ดังนั้น หน่วยคูลอมบ์จึงเป็นหน่วยที่มีขนาดใหญ่่มากสำหรับประจุไฟฟ้า โดยทั่วไปการประจุจะอยู่ในระดับ pC, nC หรือ μ C

กฎการอนุรักษ์ของประจุไฟฟ้า (law of conservation of charge) กล่าวว่า ผลรวมของประจุไฟฟ้าในระบบจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยที่ประจุในระบบสามารถถ่ายโอนหรือส่งผ่านจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ แต่จะไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายลงได้

เมื่อต่อวัสดุตัวนำไฟฟ้าซึ่งเป็นสสารที่ประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก เช่น อลูมิเนียม ทองแดง เงิน เข้ากับแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าในที่นี้ คือ แบตเตอรี่ จะส่งผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุในตัวนำไฟฟ้านั้น โดยประจุบวกจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางหนึ่งและประจุลบจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม การเคลื่อนที่ของประจุทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะไหลในทิศทางเดียวกับประจุบวก หรือกระแสไฟฟ้าจะไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับประจุลบ ดังภาพ 1.4



ภาพ 1.4 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าและการเคลื่อนที่ของประจุในวัสดุตัวนำไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า คือ อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัด (A) ที่พิจารณา ในกรณีที่พิจารณาการไหลของกระแสไฟฟ้าในสายไฟ พื้นที่หน้าตัดที่พิจารณา คือ พื้นที่หน้าตัดของสายไฟเส้นนั้น กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere; A) เพื่อเป็นเกียรติแก่ อังเดร มารี แอมแปร์ (Andre-Marie Ampere) นักคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก

ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า i ประจุไฟฟ้า q และเวลา t แสดงดังสมการ (1.1)

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

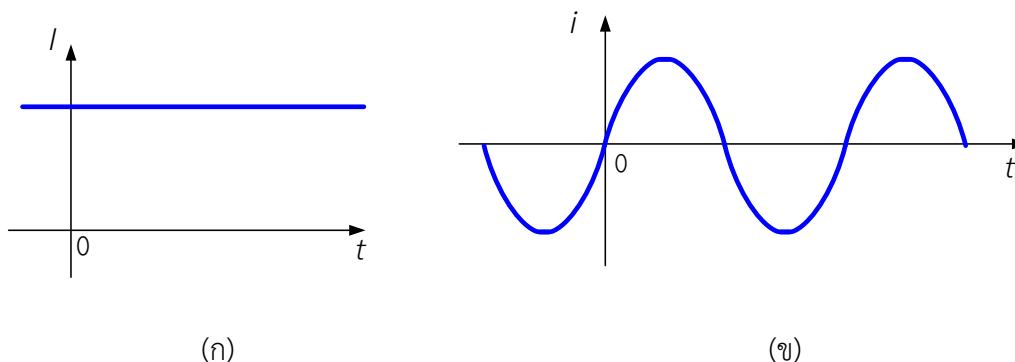
เมื่อกระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A) ดังนั้น 1 แอมแปร์ เท่ากับ 1 คูลอมบ์ต่อวินาที คือ กระแสที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุขนาด 1 คูลอมบ์เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดจากตำแหน่งอ้างอิงหนึ่งถึงอีกตำแหน่งอ้างอิงหนึ่งในเวลา 1 วินาที ดังเช่น พื้นที่หน้าตัด A ดังภาพ 1.4

ประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ระหว่างเวลา t_0 และ t จะหาได้โดยอินทิกรัลสมการ (1.1) จะได้

$$Q = \int_{t_0}^t i \, dt \quad (1.2)$$

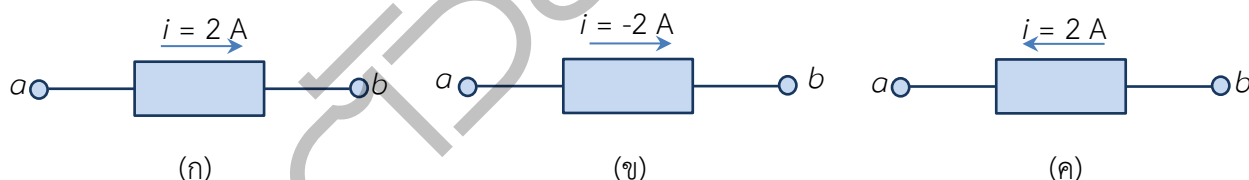
กระแสไฟฟ้าที่ไม่เปลี่ยนแปลงค่าตามเวลาหรือคงที่ตลอดเวลาดังภาพ 1.5 (ก) เรียกว่า กระแสตรง (direct current: dc) ซึ่งจะใช้สัญลักษณ์ I แทนกระแสไฟฟ้าคงที่ (กระแสตรง) กระแสตรงพบอยู่ทั่วไปตามอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ เช่น รีโมทอุปกรณ์ไฟฟ้า โทรศัพท์เคลื่อนที่ รถยนต์ รถจักรยานยนต์ หรือจักรยานไฟฟ้า เป็นต้น

กระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงค่าตามเวลาหรือกระแสรูปไซน์ (sinusoidal current) ดังภาพ 1.5 (ข) จะใช้สัญลักษณ์ i หรือเรียกว่า กระแสสลับ (alternating current: ac) กระแสสลับที่พบอยู่ตามชีวิตประจำวัน คือ ตามบ้านเรือน เช่น โทรทัศน์ วิทยุ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ ในสถานศึกษา หรือ สถานประกอบการทั่วไป มีทั้ง 1 เฟส และ 3 เฟส



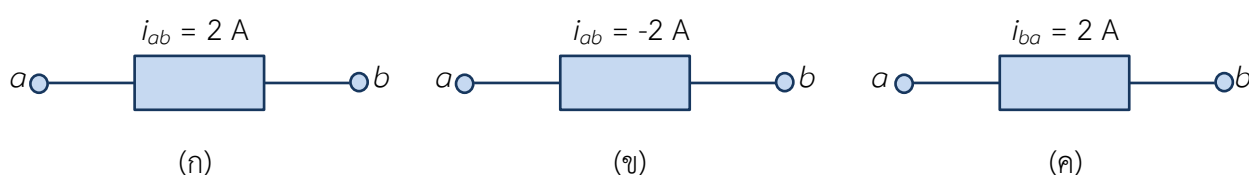
ภาพ 1.5 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้า (ก) กระแสตรง (dc) (ข) กระแสสลับ (ac)

การไหลของกระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า โดยจะกำหนดให้ไหลไปในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของประจุบวก การนิยามกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าหนึ่งจะต้องระบุทิศทางแล้ว ยังต้องระบุขนาดหรือปริมาณของกระแสด้วย โดยทั่วไปนิยมใช้ลูกศรเพื่อแสดงทิศทางการไหลของกระแสและมีตัวเลขกำกับเพื่อแสดงปริมาณของกระแสที่ไหล ดังภาพ 1.6 พิจารณาภาพ 1.6 (ก) มีการระบุทิศทางจากซ้ายไปขวาที่ค่ากระแส $i = 2 \text{ A}$ การนิยามกระแสตามนี้หมายความว่า มีกระแสไฟฟ้าขนาด 2 A ไหลจากจุด a ไปยังจุด b เช่นเดียวกับภาพ 1.6 (ข) ระบุว่า $i = -2 \text{ A}$ ในทิศทางเดียวกันกับภาพ 1.6 (ก) หมายความว่า มีกระแสไฟฟ้าขนาด -2 A ไหลจากจุด a ไปยังจุด b หรือมีกระแสไฟฟ้าขนาด 2 A ไหลจากจุด b ไปยังจุด a และภาพ 1.6 (ค) ระบุว่า $i = 2 \text{ A}$ ไหลจากจุด b ไปยังจุด a การระบุแบบนี้มีความหมายเช่นเดียวกับภาพ 1.6 (ข) คือ มีกระแสไฟฟ้าขนาด 2 A ไหลจากจุด b ไปยังจุด a



ภาพ 1.6 ตัวอย่างการนิยามการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านองค์ประกอบในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ลูกศรระบุทิศทาง

นอกจากนี้อาจใช้ดัชนีล่าง 2 ตัว (double subscript) ตัวอย่างเช่น i_{ab} เพื่อกำหนดทิศทางการไหลแทนใช้ลูกศรกำกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าได้เช่นกัน พิจารณาภาพ 1.7 ซึ่งเป็นการนิยามทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรซึ่งมีทิศทางการไหลเดียวกับภาพ 1.6 ทุกประการ



ภาพ 1.7 ตัวอย่างการนิยามการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านองค์ประกอบในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ดัชนีล่าง 2 ตัวระบุทิศทาง

ตัวอย่าง 1.1 หาประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน จากอะลูมิเนียม 500 อะตอม

วิธีทำ จากภาพ 1.3 อะลูมิเนียม 1 อะตอม ประกอบด้วย 13 อิเล็กตรอน

ดังนั้น $500 \text{ อะลูมิเนียมอะตอม} = 13 \times 500 = \text{อิเล็กตรอน } 6,500 \text{ ตัว}$

จากตาราง 1.5 อิเล็กตรอนแต่ละตัวมีประจุ $q = -1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

ดังนั้น $q = (-1.602 \times 10^{-19} \text{ C/electron}) \times 6,500 \text{ electron}$

$$q = -1.0413 \times 10^{-15} \text{ C} = -1.0413 \text{ fC [femtocoulomb]}$$

ตัวอย่าง 1.2 ถ้ามีอิเล็กตรอนจำนวน 5×10^{12} ตัว เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของวัสดุตัวนำไฟฟ้าจากตำแหน่งอ้างอิงหนึ่งถึงอีกตำแหน่งอ้างอิงหนึ่งในเวลา 3 มิลลิวินาที หาค่าของกระแสไฟฟ้าในสภาวะคงตัว

วิธีทำ จากสมการ (1.1)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$= \frac{(\text{ประจุของอิเล็กตรอน}) \times (\text{จำนวนอิเล็กตรอน})}{\text{ช่วงเวลา (วินาที)}}$$

$$= \frac{(-1.602 \times 10^{-19})(5 \times 10^{12})}{3 \times 10^{-3}} = -267 \mu\text{A}$$

ตัวอย่าง 1.3 หากกระแสไฟฟ้าที่เวลา $t = 1 \text{ s}$ จากประจุไฟฟ้าที่ชั่วรวม $q = 5t \sin 4\pi \text{ mC}$

วิธีทำ จากสมการ (1.1)

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(5t \sin 4\pi t) \text{ mC/s}$$

$$= (5t \cos 4\pi t(4\pi) + \sin 4\pi t(5)) \text{ mA}$$

$$= (5 \sin 4\pi t + 20\pi t \cos 4\pi t) \text{ mA}$$

ที่เวลา $t = 1 \text{ s};$

$$i = 5 \sin 4\pi + 20\pi \cos 4\pi = 0 + 20\pi = 62.83 \text{ mA}$$

ตัวอย่าง 1.4 หาประจุไฟฟ้าที่ชั่วรวม ระหว่างเวลา $t = 1$ s และ 2 s ถ้ากระแสไหลเข้า $i = (3t^2 + 5t)$ A

วิธีทำ จากสมการ (1.2)

$$Q = \int_{t_0}^t i \, dt$$

$$Q = \int_{t=1}^{t=2} i \, dt = \int_1^2 (3t^2 + 5t) \, dt$$

$$= \left(t^3 + 5\frac{t^2}{2} \right) \Big|_1^2 = (8 + 10) - \left(1 + \frac{5}{2} \right) = 14.5 \, \text{C}$$

1.4 แรงดันไฟฟ้า

การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในตัวนำไฟฟ้าจะส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนประจุจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งในระบบได้ ดังนั้น ถ้าต้องการส่งผ่านพลังงาน (energy) หรืองาน (work) ไปยังที่เจาะจงนั้นจะต้องทำให้อิเล็กตรอนในตัวนำไฟฟ้านั้นเคลื่อนที่ไปยังที่นั้นด้วยเช่นกัน งานที่ว่ำนี้อำนาจได้โดยอาศัยแรงเคลื่อนไฟฟ้า (electromotive force, emf) จากภายนอก โดยทั่วไปมักจะแทนแรงเคลื่อนไฟฟ้านี้ด้วยแบตเตอรี่ (battery) หรือแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ดังภาพ 1.4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือที่รู้จักกันในชื่อว่า แรงดันไฟฟ้า (voltage) หรือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า (potential difference)

การนิยามแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าจะต้อมนิยามจุดสองจุดที่ต้องการให้ประจุเคลื่อนที่ไป โดยทั่วไปนิยามโดยใช้ดัชนีล่าง 2 ตัว ตัวอย่างเช่น แรงดัน v_{ab} ระหว่างจุด a และ b ในวงจรไฟฟ้า คือ พลังงาน (หรืองาน) ที่ต้องการให้ประจุเคลื่อนที่ จากจุด a ไป b นั่นคือ

$$v_{ab} = \frac{dw}{dq} \quad (1.3)$$

โดยที่ w คือ พลังงาน มีหน่วยเป็น จูล (Joules; J)

q คือ ประจุไฟฟ้า มีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (Coulomb; C)

v_{ab} หรือ v คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (Volt; V) เพื่อเป็นเกียรติแก่ อาเลสซานโดร จูเซปเป อันโตนิโอ อนาสตาซิโอ โวลตา (Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta) นักฟิสิกส์ชาวอิตาลี ผู้คิดค้นแบตเตอรี่ หรือเซลล์ไฟฟ้าเคมี

จากสมการ 1.3 เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โวลต์ (V) ฉะนั้น 1 โวลต์ เท่ากับ 1 จูลต่อคูลอมบ์ หรือ 1 นิวตัน-เมตรต่อคูลอมบ์ หรือ แรงดันไฟฟ้า หมายถึง งานที่ใช้ในการถ่ายโอนหรือเคลื่อนที่ประจุปริมาณ +1 คูลอมบ์จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

ส่วนที่ 4 แนวข้อสอบภาค ก / สรุปกฎหมาย

เตรียมโหด

แนวข้อสอบภาค ก

สรุปกฎหมาย 13 ฉบับ

@xyq9767d

เพิ่มเพื่อนได้โดยไปที่ “เพิ่มเพื่อน”
แล้วค้นหา ID หรือสแกนคิวอาร์โค้ดนี้



ส่วนที่ 5 แคปชั่นความสำเร็จ สร้างแรงผลักดัน

1. สตีฟ โจนส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
2. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
3. โอปอล์น: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
4. บิล เกตส์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
5. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงสุด."
6. บิล เกตส์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
7. อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากรู้เพียงอย่างเดียว แต่มาจากความสามารถในการใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหา."
8. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
9. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
10. แม่ ทีเรซา: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
11. บิล เกตส์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
12. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
13. สตีฟ โจนส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
14. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงสุด."
15. บิล เกตส์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
16. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
17. โอปอล์น: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
18. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
19. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
20. แม่ ทีเรซา: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
21. บิล เกตส์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
22. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
23. สตีฟ โจนส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
24. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงสุด."
25. บิล เกตส์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."

26. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากความคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการกระทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
27. โอปินน์: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
28. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
29. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
30. แม่ ทีเรซา: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
31. บิล เกตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
32. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
33. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
34. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงที่สุด."
35. บิล เกตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
36. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากความคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการกระทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
37. โอปินน์: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
38. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
39. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
40. แม่ ทีเรซา: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
41. บิล เกตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
42. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
43. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
44. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงที่สุด."
45. บิล เกตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
46. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากความคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการกระทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
47. โอปินน์: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
48. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."

49. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
50. แม่ ทีเรซ่า: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
51. บิล เกตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
52. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
53. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
54. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงที่สุด."
55. บิล เกตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
56. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการกระทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
57. โอปเพน: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
58. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
59. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
60. แม่ ทีเรซ่า: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
61. บิล เกตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
62. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
63. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
64. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงที่สุด."
65. บิล เกตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
66. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการกระทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
67. โอปเพน: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
68. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมลาย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
69. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
70. แม่ ทีเรซ่า: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
71. บิล เกตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
72. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
73. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
74. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากความคิดที่สูงที่สุด."

75. บิล เคตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
76. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
77. โอเพนน์: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
78. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมาง่าย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
79. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
80. แม่ ทีเรซา: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
81. บิล เคตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
82. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
83. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
84. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากการคิดที่สูงที่สุด."
85. บิล เคตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
86. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
87. โอเพนน์: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
88. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมาง่าย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."
89. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
90. แม่ ทีเรซา: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."
91. บิล เคตต์: "ความสำเร็จคือผลสัมพันธ์ของความมุ่งมั่นที่มีต่อความพยายามตลอดเวลา."
92. มาร์ค ซูกอร์เบิร์ก: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามและความมุ่งมั่นในการทำงานแท้จริง."
93. สตีฟ จ๊อบส์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นเรื่องของความรู้แต่เป็นเรื่องของความพยายามและความมุ่งมั่น."
94. วอลท์ ดิสนีย์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการถือครองตำแหน่งสูงสุด แต่มาจากการคิดที่สูงที่สุด."
95. บิล เคตต์: "ความสำเร็จมีความสัมพันธ์กับความพยายามที่ต้องลงมาก่อน ความพยายามที่ไม่มีสิ้นสุด."
96. อีลอน มัสก์: "ความสำเร็จไม่ได้มาจากการคิดที่เล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นผลมาจากความมุ่งมั่นในการทำในทิศทางที่ถูกต้อง."
97. โอเพนน์: "ความสำเร็จมีการบ่งชี้ให้เราเห็นว่าเราไปถึงที่เป้าหมายได้อย่างไร แต่ความพยายามมีความสำคัญในการเดินทาง."
98. แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์: "ความสำเร็จไม่ได้เป็นผลจากการทำงานครั้งหนึ่งที่อาจมาง่าย แต่เป็นผลจากการพยายามที่ไม่ริบร้อนและความมุ่งมั่น."

99. ริชาร์ด แบรนสัน: "ความสำเร็จไม่ได้เกิดจากการลำดับความสำคัญของงาน แต่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างงานที่เราทำและเป้าหมายของเรา."
100. แม่ ทีเรซ่า: "ความสำเร็จมาจากความมุ่งมั่นที่จะทำให้สิ่งที่เราเชื่อว่าเป็นจริงกลายเป็นจริงจริง."

ข้อสอบ