

Table 1: Distracters of force-motion questions with a specific model.

Question	Model 1	Model 2	Model 3	The k th student
2	D	B	Others	A
5	D	B	Others	B
11	A	G	Others	G
12	A	D	Others	A

The last column represents choices that an arbitrary kth student might answer for each question. From this student's answers, we can construct the kth student's model state or u_k , as in (2), where m is number of questions associated with the specific concept, and n_1, n_2, n_3 are numbers of choices corresponding with Model 1, Model 2 and Model 3, respectively (Bao and Redish, 2006).

$$u_k = \frac{1}{\sqrt{m}} \begin{bmatrix} \sqrt{n_1^k} \\ \sqrt{n_2^k} \\ \sqrt{n_3^k} \end{bmatrix} \Rightarrow u_k = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ \sqrt{2} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Construct Class Model Density Matrix

After constructing the kth student's model state, his model density matrix can be determined as below:

$$D_k = u_k \otimes u_k^T = \frac{1}{m} \begin{bmatrix} n_1^k & \sqrt{n_1^k n_2^k} & \sqrt{n_1^k n_3^k} \\ \sqrt{n_2^k n_1^k} & n_2^k & \sqrt{n_2^k n_3^k} \\ \sqrt{n_3^k n_1^k} & \sqrt{n_3^k n_2^k} & n_3^k \end{bmatrix} \quad (3)$$

Then each student's model density matrix is summed up to get a class model density matrix as in (4), where N is total number of students in the class.

$$D = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^M D_k \quad (4)$$

After calculating the class model density matrix for both pre- and post-test, eigenvalues and eigenvectors for both matrices were calculated by using MATLAB program, as shown in Table 2.

Table 2: The pre/post class model density matrix, their eigenvalues and their eigenvectors.

	Pre-			Post-		
Class model density matrix	$\begin{bmatrix} 0.11 & 0.12 & 0.05 \\ 0.12 & 0.71 & 0.22 \\ 0.22 & 0.22 & 0.18 \end{bmatrix}$			$\begin{bmatrix} 0.14 & 0.13 & 0.06 \\ 0.13 & 0.68 & 0.19 \\ 0.19 & 0.19 & 0.17 \end{bmatrix}$		
Eigenvalues	0.82	0.05	0.13	0.79	0.06	0.15
Eigenvectors	$\begin{bmatrix} -0.18 \\ -0.91 \\ -0.37 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0.29 \\ -0.26 \\ 0.92 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.13 \\ -0.38 \\ 0.92 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0.22 \\ -0.91 \\ -0.35 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0.34 \\ -0.21 \\ 0.92 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0.31 \\ -0.39 \\ 0.87 \end{bmatrix}$

The characteristic of models that students in the class used can be obtained by analyzing these matrices. Both the similarity of individual student's model vectors and the number of students with similar model vectors influence the eigenvalue, especially if the class model density matrix has a dominant and large eigenvalue (> 0.65). This implies that most students in the class have similar model vectors, referred to as a *primary vector* (Bao and Redish, 2006). From Table 2, both pre/post matrices have dominant eigenvalues, so both classes have primary vectors which give a good evaluation of the model structure of both classes. Bao and Redish (2006) suggested to use a model plot to further analyze the primary vector.

Model Plot

The model plot is for representing the class model state with respect to common models. The model plot, in this case, is a two-dimensional graph because there are two common models used in answering the force and motion questions. The class model states or eigenvectors with dominant eigenvalues can be represented as a class model point on the model plot with a coordinate (P_1, P_2). From Table 3, vertical and horizontal components for pre/post class model point are calculated and plotted on the model plot as shown in Figure 4.

Table 3: The pre/post dominant eigenvalues, class model eigenvectors and vertical/horizontal components for the class model point.

	Pre-	Post-
Eigenvalues	0.82	0.79
Eigenvectors	$\begin{bmatrix} -0.18 \\ -0.91 \\ -0.37 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -0.22 \\ -0.91 \\ -0.35 \end{bmatrix}$
Model Point		
A vertical component	$P_1 = (0.82)^2(-0.18)^2 = 0.02$	$P_1 = (0.79)^2(-0.22)^2 = 0.03$
A horizontal component	$P_2 = (0.82)^2(-0.91)^2 = 0.56$	$P_2 = (0.79)^2(-0.91)^2 = 0.52$

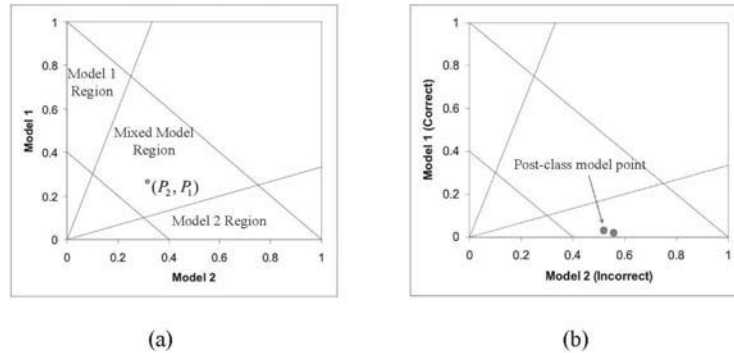


Figure 4: (a) Meaning of some regions in the model plot.
(b) Model plot comparing between pre- and post-class model points.

From the model plot in Figure 4 (b), the post-class model point is located in the Model 2 region. This indicates that most students in the class still had a misconception about force and motion. Due to the model analysis, the characteristics of this misconception are known, so an instructor can use this information to improve teaching of this class. A small shift of post-class model point towards the correct model indicates a small improvement of overall class understanding in this topic.

CONCLUSION

In this paper, the author used the model analysis to analyze quantitative data in order to obtain a qualitative result of student conceptual understanding of force and motion. This method is useful in analyzing student's knowledge states in large classes with well-designed multiple-choice questions. With the measurement data from FMCE, a single-student model state can be created. This state represents student probabilities in applying the different common models. Then the individual student model states are summed up over the class to create the class model density matrix. Using the eigenvalue decomposition, the eigenvalues and eigenvectors of the density matrix are obtained, and these give information about the state of the class's knowledge. The class model point is obtained and plotted on the model plot. This is helpful in providing clear information about class model state. From the result of this study, only small progress in understanding was found by comparing the pre/post class model points. However, the class model state was still in a misconception region even after a proper instruction. This information is extremely helpful in notifying the instructor and can be used to improve a future instruction.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to acknowledge the Faculty of Science, Chiang Mai University, Thailand Research Fund (TRF) and the Commission on Higher Education (CHE) for financial support. The author also would like to thank the PENThai team for providing the Thai version of FMCE.

REFERENCES

- Bao, L., and E.F. Redish. 2002. Concentration analysis: A quantitative assessment of student states. *American Journal of Physics* 69(7): S45-S53.
- Bao, L., and E.F. Redish. 2006. Model analysis: Representing and assessing the dynamics of student learning. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research* 2: 1-16.
- Bonham, S., D.L. Deardorff, and R.J. Beichner. 2003. Comparison of student performance using web and paper-based homework in college-level physics. *Journal of Research in Science Teaching* 40(10): 1050-1071.
- Hake, R.R. 1998. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics* 66(1): 64-74.
- Hammer, D. 1996. More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics* 64(10): 1316-1325.
- Hestenes, D., M. Wells, and G. Swackhammer. 1992. Force concept inventory. *Physics Teacher* 30: 141-158.
- Huffman, D. 1998. Effect of explicit problem solving instruction on high school students' problem-solving performance and conceptual understanding of physics. *Journal of Research in Science Teaching* 34(6): 551-570.
- McDermott, L.C., and E.F. Redish. 1999. Resources Letter PER-01: Physics Education Research. *American Journal of Physics* 67(9): 755-767.
- Savinainen, A., and S. Philip. 2002. The force concept inventory: a tool for monitoring student learning. *Physics Education* 37: 45-52.
- Thornton, R.K., and D.R. Sokoloff. 1998. Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics* 66(4): 338-352.
- Wattanakaswich, P. 2006. Investigation of student understanding of force and motion by using concentration analysis. *Proceedings of The 32nd Congress on Science and Technology of Thailand*, 10-12 Oct 2006. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok.
- Wittmann, M. 2001. Force cluster calculation template (2001.2) [Excel Template]. In E.F. Redish (ed) *Teaching Physics with the Physics Suite CD*. Wiley, New York.

ภาคผนวก ข:
แบบทดสอบความเข้าใจฟิสิกส์ในหัวข้อ
กลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง

**แบบทดสอบความเข้าใจฟิสิกส์ในหัวข้อ
กลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง**

วัตถุประสงค์: เพื่อวัดความเข้าใจฟิสิกส์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอุดมศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยเน้นหัวข้อกลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

คำชี้แจง:

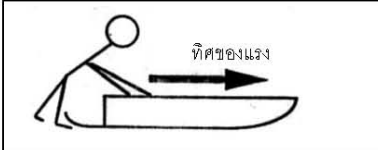
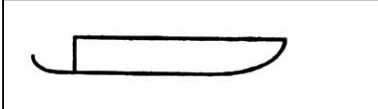
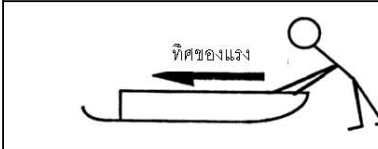
1. แบบทดสอบความเข้าใจนี้เป็นส่วนหนึ่งในการทำวิจัย เพื่อเก็บข้อมูลความเข้าใจฟิสิกส์พื้นฐานของหน่วยวิจัยฟิสิกส์ศึกษา (Physics Education Research Unit) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ขอความกรุณานักเรียนตอบคำถามทุกข้อ ตามความเข้าใจของนักเรียน
3. ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบทดสอบความเข้าใจของนักเรียน จะถูกนำเสนอในเชิงสถิติ โดยผลสอบของนักเรียนแต่ละคนจะถูกเก็บเป็นความลับ และไม่มีผลต่อคะแนนเรียนของผู้ตอบแบบสอบถาม
4. แบบทดสอบความเข้าใจมีทั้งหมด 70 ข้อ ใช้เวลาในการตอบ 120 นาที
5. ให้ทำแบบทดสอบลงในกระดาษคำตอบที่เตรียมไว้ให้

คำถามส่วนใหญ่ในแบบทดสอบได้รับการแปลและเรียบเรียงโดยกลุ่ม PENThai จากมหาวิทยาลัยมหิดล

**แบบทดสอบความเข้าใจฟิสิกส์ในหัวข้อ
กลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง**

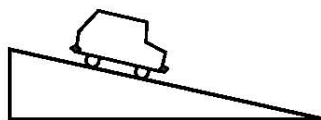
คำถามข้อ 1 – 7 เลื่อนน้ำแข็งเคลื่อนที่บนพื้นน้ำแข็งซึ่งแรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด คนใส่รองเท้าที่พื้นรองเท้ามีปุ่มแหลม ๆ สามารถยึบนน้ำแข็งและออกแรงดันเลื่อนให้เคลื่อนที่ไปบนพื้นน้ำแข็งได้ จงเลือกแรงหนึ่งแรง (จาก A ถึง G) ที่กระทำต่อเลื่อน ซึ่งสอดคล้องกับการเคลื่อนที่ของเลื่อนในแต่ละข้อ

ใช้ตัวเลือกได้มากกว่าหนึ่งครั้งหรือไม่ใช้เลยก็ได้ และเลือกได้เพียงคำตอบเดียวในแต่ละข้อ ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

	A. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น B. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่คงตัว C. แรงมีทิศไปทางขวาและมีขนาดที่กำลังลดลง
	D. ไม่จำเป็นต้องมีแรงกระทำ
	E. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังลดลง F. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดคงตัว G. แรงมีทิศไปทางซ้ายและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น

- เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาโดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร็วคงตัว
- เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางขวา โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่เร็วขึ้นด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)
- เลื่อนถูกดันให้เคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง จนกระทั่งมีความเร็วขนาดหนึ่ง ไปทางขวา แรงใดที่จะทำให้เลื่อนยังคงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วนี้
- เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอและมีความเร่งไปทางขวา
- เลื่อนกำลังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย โดยเคลื่อนที่ช้าลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ (ความเร่งคงตัว)

คำถามข้อ 8 – 10 รถของเล่นถูกผลักอย่างเร็วให้เคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียง หลังจากปล่อยมือ รถเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงไปจนถึงตำแหน่งสูงสุดและเคลื่อนที่กลับลงมาอีก แรงเสียดทานมีขนาดน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิด



ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อแสดง**แรงสุทธิ**หรือ**แรงลัพธ์**ที่กระทำต่อรถในแต่ละกรณีที่มีบรรยายข้างล่าง ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

- | | |
|--|--|
| (A) แรงสุทธิคงตัว ทิศลงตามพื้นเอียง | (E) แรงสุทธิคงตัว ทิศขึ้นตามพื้นเอียง |
| (B) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
ทิศลงตามพื้นเอียง | (F) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
ทิศขึ้นตามพื้นเอียง |
| (C) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังลดลง
ทิศลงตามพื้นเอียง | (G) แรงสุทธิมีขนาดที่กำลังลดลง
ทิศขึ้นตามพื้นเอียง |
| (D) แรงสุทธิเป็นศูนย์ | |

8. รถกำลังเคลื่อนที่ขึ้นพื้นเอียงหลังจากปล่อยมือ
9. รถอยู่ที่จุดสูงสุด
10. รถกำลังเคลื่อนที่ลงพื้นเอียง

คำถามข้อ 11 – 13 โยนเหรียญ ๆ หนึ่งขึ้นไปตรง ๆ หลังจากที่ยื่นเหรียญมือ เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อบอกว่า**แรง**ใดกำลังกระทำต่อเหรียญในแต่ละกรณีที่มีบรรยายข้างล่าง ให้ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก **ไม่ต้องคำนึงถึงผลเนื่องจากแรงต้านอากาศ**

- A. แรงมีทิศลงและมีขนาดคงตัว
- B. แรงมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- C. แรงมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังลดลง
- D. แรงเป็นศูนย์
- E. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดคงตัว
- F. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- G. แรงมีทิศขึ้นและมีขนาดที่กำลังลดลง

11. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากที่ถูกโยน
12. เหรียญอยู่ที่จุดสูงสุด
13. เหรียญกำลังเคลื่อนที่ลง

คำถามข้อ 14 – 16 โยนเหรียญขึ้นไปตรง ๆ หลังจากที่ยื่นเหรียญมือ เหรียญเคลื่อนที่ขึ้นไปจนถึงจุดสูงสุดแล้วตกกลับลงมาอีก ให้ใช้ตัวเลือกต่อไปนี้ (จาก A ถึง G) เพื่อบอก**ความเร่ง**ของเหรียญในแต่ละกรณีที่มีบรรยายข้างล่าง โดยให้**ทิศขึ้น**เป็นทิศบวก ตอบตัวเลือก J ถ้าไม่มีตัวเลือกใดถูก

- A. ความเร่งมีทิศลงและมีขนาดคงตัว
- B. ความเร่งมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- C. ความเร่งมีทิศลงและมีขนาดที่กำลังลดลง
- D. ความเร่งเป็นศูนย์

- E. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดคงตัว
- F. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดที่กำลังเพิ่มขึ้น
- G. ความเร่งมีทิศบวกและมีขนาดที่กำลังลดลง

- 14. เหยื่อที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นหลังจากถูกโยน
- 15. เหยื่ออยู่ที่จุดสูงสุด
- 16. เหยื่อกำลังเคลื่อนที่ลง

คำถามข้อ 17 – 21 เป็นการสนระหว่างรถยนต์และรถบรรทุก สำหรับการชนในแต่ละข้อ (17 – 21) ข้างล่าง ให้เลือกหนึ่งคำตอบจากตัวเลือก A ถึง J ซึ่งบรรยายแรงระหว่างรถยนต์และรถบรรทุกที่ถูกต้องที่สุด

- A. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดที่มากกว่าแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุก
- B. รถยนต์ออกแรงกระทำต่อรถบรรทุกด้วยขนาดที่มากกว่าแรงที่รถบรรทุกกระทำต่อรถยนต์
- C. รถทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำต่อกันเลยรถยนต์ถูกชนเพียงเพราะว่ามันไปอยู่ขวางทางรถบรรทุก
- D. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ แต่รถยนต์ไม่ได้ออกแรงกระทำต่อรถบรรทุก
- E. รถบรรทุกออกแรงกระทำต่อรถยนต์ด้วยขนาดเท่ากับแรงที่รถยนต์กระทำต่อรถบรรทุก
- F. ข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอที่จะเลือกคำตอบข้อใดข้อหนึ่งจากข้างบนได้
- J. ไม่มีข้อใดถูก

ในคำถามข้อ 17 – 19 รถบรรทุกหนักกว่ารถยนต์มาก ๆ



- 17. รถทั้งคู่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันขณะที่ชนกัน
- 18. รถยนต์กำลังเคลื่อนที่เร็วกว่ารถบรรทุกมาก ๆ
- 19. รถบรรทุกอยู่นิ่งขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่เข้าชน

ในคำถามข้อ 20 – 21 เปลี่ยนรถบรรทุกเป็นรถปิกอัพซึ่งมีน้ำหนักเท่ากับรถยนต์



- 20. ทั้งรถปิกอัพและรถยนต์กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันขณะที่ชนกัน
- 21. รถปิกอัพอยู่นิ่งขณะที่รถยนต์เคลื่อนที่เข้าชน

คำถามข้อ 22 – 25 รถบรรทุกคันใหญ่ซึ่งจอดเสียอยู่บนถนนถูกดันกลับเข้าเมืองด้วยรถยนต์เล็ก



เลือกตัวเลือก A ถึง J ข้างล่างที่บรรยายแรงระหว่างรถยนต์และรถบรรทุกในแต่ละสถานการณ์ (ข้อ 22-25) ได้ถูกต้อง

- A. แรงที่รถยนต์ดันรถบรรทุกมีขนาดเท่ากับแรงที่รถบรรทุกดันรถยนต์กลับ
- B. แรงที่รถยนต์ดันรถบรรทุกมีขนาดน้อยกว่าแรงที่รถบรรทุกดันรถยนต์กลับ
- C. แรงที่รถยนต์ดันรถบรรทุกมีขนาดมากกว่าแรงที่รถบรรทุกดันรถยนต์กลับ
- D. เนื่องจากรถยนต์ติดเครื่องอยู่ดังนั้นรถยนต์จึงออกแรงกระทำต่อรถบรรทุก แต่เพราะเครื่องยนต์รถบรรทุกดับอยู่ รถบรรทุกจึงไม่สามารถออกแรงดันรถยนต์กลับได้
- E. รถทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำซึ่งกันและกันเลย รถบรรทุกถูกดันไปข้างหน้าเพราะว่ามันไปอยู่ขวางทางรถยนต์
- J. ไม่มีข้อใดถูก

22. รถยนต์กำลังดันรถบรรทุกแต่ไม่สามารถทำให้รถบรรทุกเคลื่อนที่ได้

23. ขณะที่รถยนต์กำลังดันรถบรรทุก รถยนต์กำลังเร่งเครื่องเร็วขึ้นเพื่อให้ได้อัตราเร็วที่ต้องการแล่น

24. รถยนต์ซึ่งกำลังดันรถบรรทุกกำลังแล่นด้วยอัตราเร็วที่ต้องการและยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยอัตราเร็วเดิม

25. รถยนต์ซึ่งกำลังดันรถบรรทุกกำลังแล่นด้วยอัตราเร็วที่ต้องการอยู่ขณะที่คนขับรถบรรทุกเหยียบเบรกและทำให้ รถยนต์เคลื่อนที่
ช้าลง

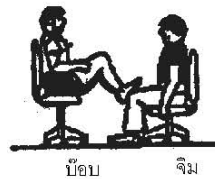
26. นักเรียนสองคนนั่งอยู่บนเก้าอี้สำนักงานที่เหมือนกันทุก

ประการและหันหน้าเข้าหากัน บ๊อบมีมวล 95 kg ขณะที่จิมมีมวล 77 kg

บ๊อบวางเท้าเปล่าของเขากับเท้าของจิมดังที่แสดงให้เห็นในรูปด้านขวามือ

บ๊อบดันเท้าของเขาออกไปทันทีทันใดทำให้เก้าอี้ทั้งสองเลื่อน ในขณะที่

เท้าของบ๊อบยังคงอยู่กับเท้าของจิม ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้อง



- A. นักเรียนทั้งสองไม่ได้ออกแรงกระทำต่อกันเลย
- B. บ๊อบออกแรงกระทำต่อจิม แต่จิมไม่ได้ออกแรงใด ๆ กระทำต่อบ๊อบเลย
- C. นักเรียนแต่ละคนต่างออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน แต่จิมออกแรงมากกว่า
- D. นักเรียนแต่ละคนต่างออกแรงกระทำซึ่งกันและกัน แต่บ๊อบออกแรงมากกว่า
- E. นักเรียนแต่ละคนออกแรงขนาดเท่ากันกระทำต่อกันและกัน
- J. ไม่มีข้อใดถูก

27. คุณยกกระเป๋าเดินทางจากพื้นชั้นวางบนโต๊ะ นอกจากน้ำหนักของกระเป๋าแล้ว ให้เลือกปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่องานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกกระทำต่อกระเป๋านี้

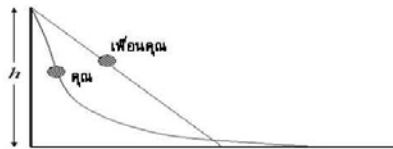
(1) ทิศทางหรือเส้นทางในการยกกระเป๋าจากพื้นถึงโต๊ะ

(2) ความเร็วในการยกกระเป๋า

(3) ความสูงจากพื้นถึงโต๊ะ

- A. ข้อ (1) เท่านั้น
- B. ข้อ (3) เท่านั้น
- C. ข้อ (1) และ (3) เท่านั้น
- D. ข้อ (2) และ (3) เท่านั้น
- E. ข้อ (1) , (2) และ (3)

28. ทางลาดที่ไม่มีแรงเสียดทาน 2 เส้นทาง มีรูปร่างแตกต่างกัน แต่มีจุดเริ่มต้นที่ความสูง h เดียวกันและมีจุดสิ้นสุดอยู่ในระดับเดียวกัน ดังรูปข้างล่าง คุณและเพื่อนของคุณซึ่งมีน้ำหนักเท่ากันเลื่อนไถลจากหยุดนิ่งลงจากจุดยอดของทางลาด ข้อใดบรรยายได้ดีที่สุดว่าใครมีอัตราเร็วสูงกว่าที่จุดต่ำสุดของทางลาด



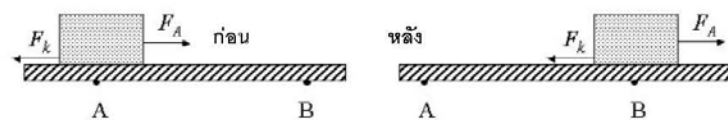
- A. คุณ เพราะคุณเริ่มต้นจากทางลาดที่มีความชันมากกว่า ดังนั้นจึงมีโอกาสมากกว่าที่จะเกิดความเร่ง
- B. คุณ เพราะ คุณเลื่อนไถลบนระยะทางที่ยาวกว่า ดังนั้น จึงมีโอกาสมากกว่าที่จะเกิดความเร่ง
- C. เพื่อนคุณ เพราะ ทางลาดของเขามีความชันคงตัว ดังนั้น จึงมีโอกาสมากกว่าที่จะเกิดความเร่ง
- D. เพื่อนคุณ เพราะ เขาเดินทางบนระยะทางที่สั้นกว่า ดังนั้นเขาจึงสามารถอนุรักษ์พลังงานจลน์ของตัวเขาได้ดีกว่า
- E. ทั้งคุณและเพื่อนมีอัตราเร็วเท่ากัน

29. ลูกออกกอล์ฟเคลื่อนที่เข้าชนแบบยืดหยุ่นกับลูกออกกอล์ฟสีแดงซึ่งวางอยู่กับที่ บนพื้นผิวในแนวระดับที่ไม่มีแรงเสียดทานและไม่มีความสูญเสียกลไกจะทำต่อระบบของลูกออกกอล์ฟทั้งสอง ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง สำหรับการชนแบบยืดหยุ่นนี้

- (1) พลังงานจลน์ของลูกสีขาวมีการอนุรักษ์ (เท่ากันทั้งก่อนและหลังชน)
- (2) โมเมนตัมเชิงเส้นของลูกสีขาวมีการอนุรักษ์
- (3) โมเมนตัมเชิงเส้นของระบบของลูกออกกอล์ฟทั้งสองมีการอนุรักษ์

- A. ข้อ (1) เท่านั้น
- B. ข้อ (3) เท่านั้น
- C. ข้อ (1) และ (2) เท่านั้น
- D. ข้อ (1) และ (3) เท่านั้น
- E. ข้อ (1) , (2) และ (3)

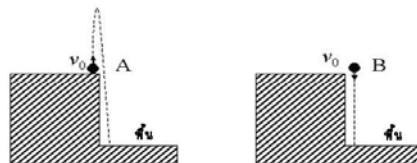
30. คุณใช้เชือกที่มีมวลน้อยมาก ๆ ดึงกล่องไปตามพื้นผิวในแนวระดับด้วยแรงคงตัว F_A กล่องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัวจากตำแหน่ง A ไปตำแหน่ง B โดยต้องคิดผลเนื่องจากแรงเสียดทาน F_k ข้อใดบรรยายการเคลื่อนที่ของกล่องจาก A ไป B ได้ถูกต้อง



- A. งานที่ทำต่อกล่องเนื่องจากแรงโน้มถ่วงไม่เป็นศูนย์
- B. งานที่ทำต่อกล่องเนื่องจาก F_k เป็นบวก
- C. งานรวมที่ทำต่อกล่องเนื่องจากแรงสุทธิไม่เป็นศูนย์
- D. ขนาดของงานที่ทำต่อกล่องเนื่องจาก F_A เท่ากับขนาดของงานที่ทำเนื่องจาก F_k
- E. ขนาดของ F_A มากกว่าขนาดของ F_k

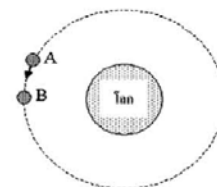
31. ก้อนหิน 2 ลูก เหมือนกัน (A และ B) ถูกยิงจากหน้าผาสูงเท่ากัน และมีอัตราเร็วต้น v_0 เท่ากัน ก้อน A ถูกยิงขึ้นในแนวตั้ง ส่วนก้อน B ถูกยิงลงในแนวตั้ง (ดังภาพข้างล่าง) ข้อใดบรรยายได้ดีที่สุดว่า หินก้อนใดมีอัตราเร็วมากกว่าก้อนที่จะกระทบพื้นพอดี

- A. หินทั้ง 2 ก้อนมีอัตราเร็วเท่ากัน
- B. ก้อน A เพราะเดินทางไกลกว่า
- C. ก้อน A เพราะใช้เวลานานกว่า
- D. ก้อน A เพราะเดินทางไกลกว่าและใช้เวลานานกว่า
- E. ก้อน B เพราะไม่มีการทำงานเพื่อไปต้านแรงดึงดูดของโลก



32. ดาวเทียมโคจรรอบโลกเป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว (ดังภาพข้างล่าง) มีเพียงแรงเดียวเท่านั้นที่กระทำต่อดาวเทียม คือ แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งมีทิศพุ่งเข้าหาใจกลางโลก ข้อใดบรรยายการเคลื่อนที่ของดาวเทียมจากจุด A ไปจุด B ในวงโคจรได้อย่างถูกต้อง

- A. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของดาวเทียมลดลง ขณะเคลื่อนที่จาก A ไป B
- B. งานที่ทำต่อดาวเทียมเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเป็นลบ สำหรับการเคลื่อนที่จาก A ไป B
- C. งานที่ทำต่อดาวเทียมเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเป็นศูนย์ สำหรับการเคลื่อนที่จาก A ไป B
- D. ความเร็วของดาวเทียมไม่มีการเปลี่ยนแปลงขณะเคลื่อนที่ จาก A ไป B
- E. ไม่มีข้อใดถูกต้อง



33. รถจักรยาน 3 คัน เคลื่อนที่เข้าใกล้เนินเขา ดังลักษณะที่บรรยายข้างล่าง

- (1) นักปั่นจักรยานคนที่ 1 หยุดปั่นที่จุดต่ำสุดของเนินเขา แล้วปล่อยให้จักรยานเคลื่อนที่ขึ้นเนินเขาเอง
- (2) นักปั่นจักรยานคนที่ 2 ปั่นขึ้นเนินเขาด้วยอัตราเร็วคงตัว
- (3) นักปั่นจักรยานคนที่ 3 ปั่นแรงกว่า ทำให้เกิดความเร่งในทิศขึ้น ตามเนินเขา

ถ้าไม่คิดผลของความหน่วง เนื่องจากแรงเสียดทาน กรณีใดบ้างที่ทำให้ทั้งนักปั่นและจักรยานเกิดการอนุรักษ์พลังงานกลรวม

- A. ข้อ (1) เท่านั้น
- B. ข้อ (2) เท่านั้น
- C. ข้อ (1) และ (2) เท่านั้น
- D. ข้อ (2) และ (3) เท่านั้น
- E. ข้อ (1) , (2) และ (3)

34. คุณต้องการนำกล่องหนักไปวางบนที่สูง h โดยการผูกติดกับเชือกที่มีมวลน้อยมาก ๆ แล้วดึงให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว คุณมีทางเลือก 2 ทางที่ได้ (ดังภาพข้างล่าง) คือ กรณีที่ (1) ดึงเชือกขึ้นตรง ๆ ในแนวตั้ง หรือ กรณีที่ (2) ดึงขึ้นไปตามพื้นเอียงที่ไม่มีแรงเสียดทาน ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

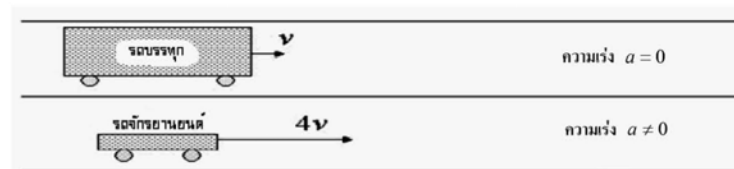


- A. ขนาดของแรงดึงเชือกใน กรณีที่ (1) น้อยกว่า กรณีที่ (2)
- B. ขนาดของแรงดึงเชือกเท่ากันทั้ง 2 กรณี
- C. งานที่ทำต่อกล่องโดยแรงดึงเชือกเท่ากันทั้ง 2 กรณี
- D. งานที่ทำต่อกล่องโดยแรงดึงเชือกในกรณีที่ (2) น้อยกว่า กรณีที่ (1)
- E. งานที่ทำต่อกล่องโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ในกรณีที่ (2) น้อยกว่า กรณีที่ (1)

35. คุณปล่อยลูกบอลจากตึกสูงให้ตกอย่างเสรีภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วง ข้อใดกล่าวถูกต้อง

- A. พลังงานจลน์ของลูกบอลเพิ่มขึ้นเท่ากัน ในช่วงเวลาที่เท่ากัน
- B. พลังงานจลน์ของลูกบอลเพิ่มขึ้นเท่ากัน ในช่วงระยะทางที่เท่ากัน
- C. ในขณะที่ลูกบอลตก งานที่ทำต่อลูกบอลเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเป็นศูนย์
- D. ในขณะที่ลูกบอลตก งานที่ทำต่อลูกบอลเนื่องจากแรงโน้มถ่วงเป็นลบ
- E. ในขณะที่ลูกบอลตก พลังงานกลรวมของลูกบอลลดลง

36. รถจักรยานยนต์และรถบรรทุกกำลังเคลื่อนที่ไปในทิศเดียวกัน ในช่องทางที่อยู่ติดกันบนทางหลวง ณ ขณะหนึ่ง อัตราเร็วของรถจักรยานยนต์เพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า ของอัตราเร็วรถบรรทุก (v) และขณะเวลานั้นเองรถจักรยานยนต์ก็มีความเร่งไปข้างหน้า ส่วนรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว ข้อใดบรรยายถูกต้องว่ารถคันใดมีโมเมนตัมมากกว่า ณ ขณะเวลานั้น

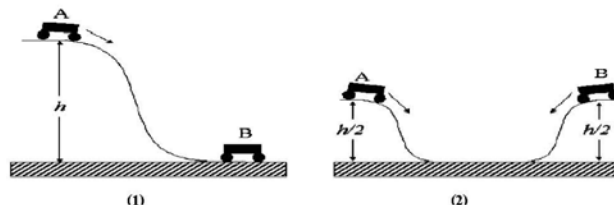


- A. รถบรรทุก เพราะ มีมวลมากกว่า
- B. รถจักรยานยนต์ เพราะเคลื่อนที่เร็วกว่า
- C. รถจักรยานยนต์ เพราะมีความเร่ง
- D. รถจักรยานยนต์ เพราะเคลื่อนที่เร็วกว่า และมีความเร่ง
- E. ข้อมูลไม่เพียงพอ

ข้อมูลสำหรับคำถามข้อ 37 และ 38 รถทดลอง A และ B ไม่มีความแตกต่างกันก่อนเกิดการชน

ภาพ (1) : รถทดลอง A เริ่มจากหยุดนิ่งบนเนินเขาสูง h เหนือพื้นดิน จากนั้นรถเลื่อนลงแล้วชนประสานงากับรถทดลอง B ซึ่งหยุดนิ่งบนพื้นดิน รถทั้งสองคันติดกันไป

ภาพ (2) : รถทดลอง A และ B หยุดนิ่งบนเนินเขาที่อยู่ตรงข้ามกันซึ่งอยู่สูง $h/2$ เหนือพื้นดินเท่ากัน จากนั้นรถทั้งสองเลื่อนลงมาชนประสานงากันบนพื้นดิน แล้วติดกัน



37. ข้อใดเป็นจริงเกี่ยวกับระบบของรถทดลอง 2 คัน ที่บนพื้นดินก่อนจะชนกับพอดี ในทั้ง 2 กรณี

- A. พลังงานจลน์ของระบบในกรณีที่ (2) เป็นศูนย์
- B. พลังงานจลน์ของระบบในกรณีที่ (1) มากกว่า กรณีที่ (2)
- C. พลังงานจลน์ของระบบ เท่ากันทั้ง 2 กรณี
- D. โมเมนตัมของระบบในกรณีที่ (2) มากกว่า กรณีที่ (1)
- E. โมเมนตัมของระบบ เท่ากันทั้ง 2 กรณี

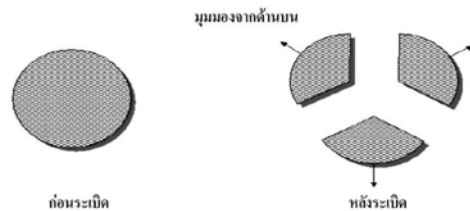
38. ข้อใดเป็นจริงเกี่ยวกับระบบของรถทดลอง 2 คัน ที่บนพื้นดินหลังชนกันทันที ในทั้ง 2 กรณี

- A. พลังงานจลน์ของระบบในกรณีที่ (2) มากกว่า กรณีที่ (1)
- B. พลังงานจลน์ของระบบเท่ากันทั้ง 2 กรณี
- C. โมเมนตัมของระบบในกรณีที่ (2) มากกว่า กรณีที่ (1)
- D. โมเมนตัมของระบบในกรณีที่ (1) ไม่เป็นศูนย์ ขณะที่กรณีที่ (2) เป็นศูนย์
- E. โมเมนตัมของระบบเท่ากันทั้ง 2 กรณี

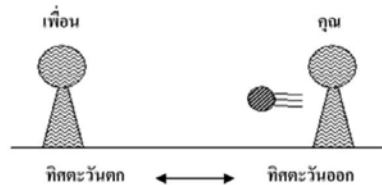
39. ลูกกระเบิดซึ่งหยุดนิ่งอยู่บนพื้นผิวที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ ระเบิดออกเป็น 3 ชิ้นแล้วเคลื่อนที่แยกออกจากกันในแนวระดับ (ดังภาพข้างล่าง) ให้เลือกข้อที่บรรยายเหตุการณ์ได้ถูกต้องหลังเกิดการระเบิด

- (1) พลังงานจลน์รวมของชิ้นส่วนระเบิดทั้งสามเท่ากับพลังงานจลน์รวมของลูกกระเบิดก่อนการระเบิด
- (2) โมเมนตัมรวมของชิ้นส่วนระเบิดทั้งสามเท่ากับโมเมนตัมรวมของลูกกระเบิดก่อนการระเบิด
- (3) โมเมนตัมรวมของชิ้นส่วนระเบิดทั้งสามเป็นศูนย์

- A. ข้อ (1) เท่านั้น
- B. ข้อ (2) เท่านั้น
- C. ข้อ (3) เท่านั้น
- D. ข้อ (2) และ (3) เท่านั้น
- E. ข้อ (1), (2) และ (3)



40. คุณและเพื่อนยืนบนพื้นผิวที่ไม่มีแรงเสียดทานในแนวระดับ คุณเรียกร้องความสนใจจากเพื่อนโดยการขว้างลูกบอลไปหาเพื่อน คุณทางทิศตะวันตก ดังรูป ลูกบอลชนหลังของเพื่อนคุณแล้วกระดอนกลับออกมาแบบยืดหยุ่น ข้อใดบรรยายเกี่ยวกับสถานการณ์นี้ได้อย่างถูกต้อง



- A. เพื่อนคุณจะยังคงหยุดนิ่ง เพราะลูกบอลกระดอนแบบยืดหยุ่น และไม่มีการถ่ายเทโมเมนตัมให้เพื่อนคุณ
- B. เพื่อนคุณจะยังคงหยุดนิ่ง เพราะเกิดการอนุรักษ์พลังงานจลน์ของลูกบอลในการชนแบบยืดหยุ่น
- C. เพื่อนคุณจะยังคงหยุดนิ่ง เนื่องจากเกิดการอนุรักษ์ทั้งโมเมนตัมเชิงเส้นและพลังงานจลน์
- D. คุณยังคงหยุดนิ่งหลังจากขว้างลูกบอล เนื่องจากเกิดการอนุรักษ์ทั้งโมเมนตัมและพลังงานจลน์
- E. คุณจะเคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออกหลังขว้างลูกบอล เนื่องจากเกิดการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น

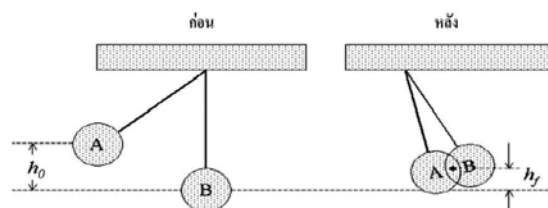
41. ขณะอยู่ในสนามเด็กเล่น คุณและหลานสาวเลื่อนไถลงตามไม้ลื่นที่ไม่มีแรงเสียดทาน คุณมีมวล 75 กิโลกรัม ขณะที่หลานสาวมีมวลเพียง 25 กิโลกรัมเท่านั้น สมมติว่าทั้งคุณและหลานเริ่มเลื่อนจากหยุดนิ่งที่ความสูงเดียวกัน ข้อใดบรรยายถูกต้องว่าใครมีอัตราเร็วสูงกว่าที่จุดต่ำสุดของไม้ลื่น

- A. ทั้งสองคนมีอัตราเร็วเท่ากันที่จุดต่ำสุด
- B. หลานสาวคุณ เนื่องจากน้ำหนักที่กดลงบนไม้ลื่นมีไม่มาก ดังนั้น การเคลื่อนที่ของหลานสาวจึงใกล้เคียงกับการตกแบบอิสระมากกว่าการเคลื่อนที่ของคุณ
- C. คุณ เพราะมีน้ำหนักมากกว่า ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีความเร่งในทิศลงมากกว่า
- D. หลานสาวคุณ เพราะเบากว่าจึงเกิดความเร่งง่ายกว่า
- E. คุณ เพราะคุณใช้เวลาในการเลื่อนลงน้อยกว่า

42. ทรงกลมขนาดเล็ก 2 ลูก A และ B มีมวลเท่ากัน แขนงด้วยเชือกที่เบาและยาวเท่ากัน ทรงกลม A ถูกยกขึ้นสูง h_0 (ดังรูป) แล้วปล่อยให้ชนกับทรงกลม B (ซึ่งหยุดนิ่งอยู่กับที่) หลังชน ทรงกลมทั้งสองติดกันและแกว่งขึ้นไปได้สูงสุด h_f ความสูง h_f สามารถเขียนได้ในรูปของ h_0 โดยอาศัยหลักการข้อใด

(1) การอนุรักษ์พลังงานกล

(2) การอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น

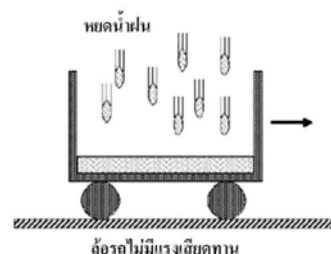


- A. ข้อ (1) เท่านั้น
- B. ข้อ (2) เท่านั้น
- C. ข้อ (1) และ (2)
- D. ข้อ (1) หรือ (2) อย่างใดอย่างหนึ่ง
- E. หลักการ ข้อ (1) และ (2) ไม่เพียงพอต่อการหา h_f ในรูปของ h_0

43. ฝนเริ่มตกลงมาในแนวตั้งบนรถทดลองที่ล้อไม่มีแรงเสียดทาน ซึ่งตอนแรกกำลังเคลื่อนที่ไปบนพื้นผิวในแนวระดับด้วยความเร็วคงตัว ฝนตกลงมาซึ่งอยู่ในรถทดลอง และเพิ่มปริมาณมากขึ้นเรื่อย ๆ ข้อใดบรรยายถูกต้องเกี่ยวกับสถานการณ์นี้

- (1) รถทดลองยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงตัว เพราะฝนตกลงในแนวตั้ง ขณะที่รถทดลองเคลื่อนที่ในแนวระดับ
- (2) รถทดลองยังคงเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงตัว เพราะมีการอนุรักษ์พลังงานกลรวมของระบบรถและฝน
- (3) รถทดลองจะเคลื่อนที่ช้าลง เพราะมีการอนุรักษ์โมเมนตัมของระบบรถและฝนในแนวระดับหยดน้ำฝน

- A. ข้อ (1) เท่านั้น
- B. ข้อ (2) เท่านั้น
- C. ข้อ (3) เท่านั้น
- D. ข้อ (1) และ (2) เท่านั้น
- E. ไม่มีข้อใดถูกต้อง



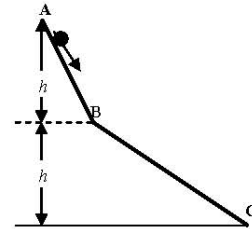
10

44. คุณไถลลงตามพื้นน้ำแข็งที่มีความชัน 2 ช่วงและไม่มีแรงเสียดทาน ทั้ง 2 ช่วงมีความสูง h เท่ากัน ดังภาพข้างล่าง

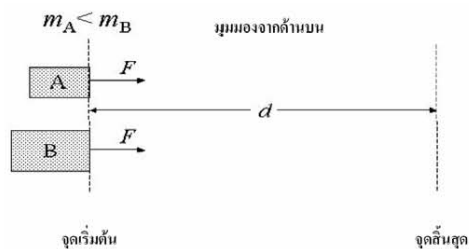
ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- (1) การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของคุณเท่ากัน สำหรับการไถลจาก A ไป B และจาก B ไป C
- (2) งานที่แรงโน้มถ่วงกระทำต่อคุณจาก A ไป B น้อยกว่าจาก B ไป C
- (3) งานที่แรงโน้มถ่วงกระทำต่อคุณจาก A ไป B มากกว่าจาก B ไป C

- A. ข้อ (1) เท่านั้น B. ข้อ (2) เท่านั้น
C. ข้อ (3) เท่านั้น D. ข้อ (1) และ (2) เท่านั้น E. ข้อ (1) และ (3) เท่านั้น



45. กล้อง 2 อัน หนึ่งอันอยู่กับที่บนพื้นในแนวระดับ ที่ไม่มีแรงเสียดทาน มวล m_A ของกล้อง A น้อยกว่ามวล m_B ของกล้อง B คุณออกแรง F คงตัวเท่ากันดึงกล้องให้เคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง เป็นระยะทาง d เท่ากัน ดังภาพข้างล่าง (คุณออกแรง F ดึงกล้องตลอดระยะทาง d) ข้อใดบรรยายได้ถูกต้องในการเปรียบเทียบพลังงานจลน์ ของกล้อง หลังจากคุณดึงให้เคลื่อนที่ได้ผ่านระยะทาง d เท่ากัน



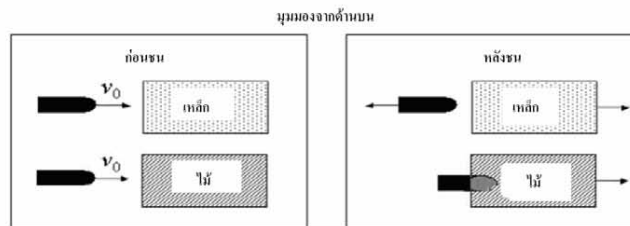
- A. พลังงานจลน์ของทั้ง 2 กล้องมีค่าเท่ากัน
B. พลังงานจลน์ของกล้องมวลน้อยจะมีค่ามากกว่า เพราะมีอัตราเร็วมากกว่า
C. พลังงานจลน์ของกล้องมวลมากจะมีค่ามากกว่า เพราะมวลมีค่ามากกว่า
D. ข้อมูลไม่เพียงพอ เนื่องจากเราจำเป็นต้องรู้มวลจริงของกล้องทั้งสอง เพื่อนำมาเปรียบเทียบพลังงานจลน์
E. ข้อมูลไม่เพียงพอ เนื่องจากเราจำเป็นต้องรู้ขนาดที่แท้จริงของแรง F เพื่อนำมาเปรียบเทียบพลังงานจลน์

46. กล้องเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต้น v_0 ไปบนพื้นในแนวระดับ ซึ่งมีแรงเสียดทาน และในที่สุดกล้องก็หยุดเคลื่อนที่ ข้อใดมีค่าเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของกล้อง



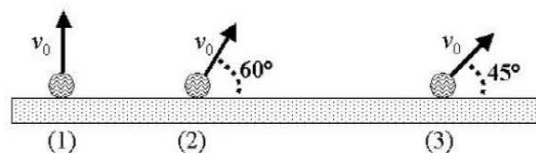
- A. โมเมนตัมของกล้องคุณระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ก่อนมาถึงจุดหยุดนิ่ง
B. โมเมนตัมของกล้องคุณเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ก่อนมาถึงจุดหยุดนิ่ง
C. โมเมนตัมของกล้องคุณความหน่วงของกล้อง
D. มวลของกล้องคุณความหน่วงของกล้อง E. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

47. ลูกกระสุนปืนเหมือนกัน 2 ลูกถูกยิงออกไปในแนวระดับด้วยอัตราเร็ว v_0 เท่ากัน เข้าชนแท่งวัตถุ 2 ชนิดที่มีมวลเท่ากัน ซึ่งวางนิ่งบนพื้นผิวในแนวระดับที่ไม่มีแรงเสียดทานเหมือนกัน แท่งวัตถุชิ้นแรกทำจากเหล็กแข็ง ส่วนแท่งวัตถุอีกชิ้นทำจากไม้อ่อน (ดังภาพข้างล่าง) หลังชน กระสุนลูกแรกกระดอนแบบยืดหยุ่นออกจากแท่งเหล็ก ส่วนกระสุนปืนอีกลูกฝังติดไปกับแท่งไม้ ข้อใดบรรยายได้ดีที่สุดว่าแท่งวัตถุชนิดใดเคลื่อนที่เร็วกว่าหลังการชน



- A. แท่งไม้ เพราะ ได้รับโมเมนตัมจากลูกกระสุนปืน ขณะที่กระสุนปืนอีกลูกไม่ได้ถ่ายเทโมเมนตัมให้กับแท่งเหล็ก
- B. แท่งไม้ เพราะ กระสุนปืนถ่ายเทพลังงานจลน์ทั้งหมดให้กับแท่งไม้
- C. แท่งไม้ เพราะ มวลที่มากกว่าหลังการชน (ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน) ส่งผลให้เกิดแรงกระทำที่มากกว่าไปทำให้แท่งไม้เกิดความเร่ง
- D. แท่งเหล็ก เพราะกระสุนปืนกระดอนออกไปจากแท่งเหล็ก
- E. ทั้งสองแท่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน.

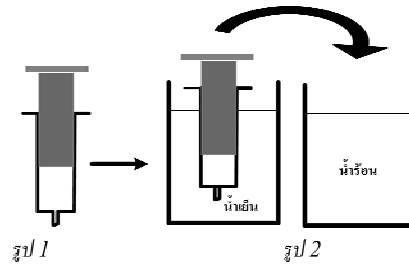
48. ลูกบอล 3 ลูก ถูกยิงขึ้นจากระดับแนวราบเดียวกัน ด้วยอัตราเร็ว v_0 เท่ากัน (ดังแสดงภาพข้างล่าง) บอลลูกที่ 1 ถูกยิงขึ้นตรง ๆ ในแนวตั้ง บอลลูกที่ 2 ถูกยิงที่มุม 60 องศา กับแนวระดับ และบอลลูกที่ 3 ถูกยิงที่มุม 45 องศา กับแนวระดับ จงเรียงลำดับอัตราเร็วของลูกบอลแต่ละลูก เมื่อเคลื่อนที่ไปถึงเส้นประในแนวนอน (เรียงจากน้อยไปมาก) ลูกบอลทั้ง 3 ลูก มีอัตราเร็วมากพอที่จะเคลื่อนที่ไปถึงเส้นประ



- A. (1) , (2) , (3)
- B. (1) , (3) , (2)
- C. (3) , (2) , (1)
- D. ลูกบอลทั้ง 3 ลูก มีอัตราเร็วเท่ากัน
- E. ข้อมูลไม่เพียงพอ เนื่องจากอัตราเร็วของลูกบอลขึ้นอยู่กับมวลของลูกบอล

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 49-51

กระบอกสูบปิดด้วยลูกสูบที่ไม่มีมวล M ภายในบรรจุแก๊สอุดมคติ ดังรูป 1 เริ่มต้นกระบอกสูบจุ่มอยู่ในน้ำเย็น จากนั้นนำกระบอกสูบไปจุ่มลงในน้ำร้อน ดังรูป 2 จงตอบคำถามต่อไปนี้ เมื่อกระบอกสูบเข้าสู่ภาวะสมดุลความร้อนกับน้ำร้อน



49. อุณหภูมิของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด

- A. เพิ่มขึ้น B. ลดลง C. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

50. ความดันของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด

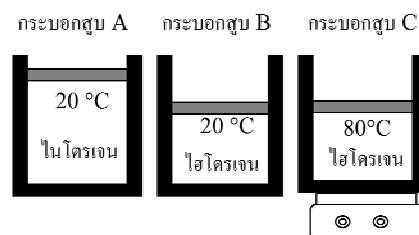
- A. เพิ่มขึ้น B. ลดลง C. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

51. ปริมาตรของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด

- A. เพิ่มขึ้น B. ลดลง C. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 52-53

กระบอกสูบที่เหมือนกันทุกประการปิดด้วยลูกสูบที่ไม่มีมวล M บรรจุแก๊สอุดมคติที่ไม่ทราบปริมาณดังรูป กระบอกสูบ A และ B อยู่ในภาวะสมดุลความร้อนกับอุณหภูมิห้องที่ 20°C และกระบอกสูบ C ถูกทำให้อยู่ที่อุณหภูมิคงที่ 80°C ซึ่งลูกสูบของกระบอกสูบทั้งสามอยู่ในสมดุลกับสิ่งแวดล้อมในขณะนั้น



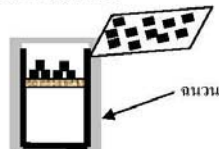
52. ความดันของแก๊สไนโตรเจนในกระบอกสูบ A มีค่าตามข้อใด เมื่อเปรียบเทียบกับความดันของแก๊สฮีเลียมในกระบอกสูบ B พร้อมทั้งบอกเหตุผล

- A. มากกว่า B. น้อยกว่า C. เท่ากัน

53. ความดันของแก๊สไฮโดรเจนในกระบอกสูบ B มีค่าตามข้อใด เมื่อเปรียบเทียบกับความดันของแก๊สไฮโดรเจนในกระบอกสูบ C พร้อมทั้งบอกเหตุผล
- A. มากกว่า B. น้อยกว่า C. เท่ากัน

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ ตอบคำถามข้อที่ 54-56

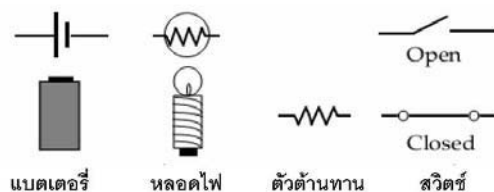
แก๊สอุดมคติบรรจุอยู่ในกระบอกสูบที่มีลูกสูบขนาดพอดีกับกระบอกทำให้แก๊สไม่สามารถไหลออกได้ มีมวลจำนวนหนึ่งวางอยู่บนลูกสูบ (ไม่ต้องพิจารณาแรงเสียดทานระหว่างลูกสูบและผนังของกระบอกสูบ) กระบอกสูบที่หุ้มด้วยฉนวนกันความร้อน ดังรูป ถ้าเพิ่มมวลจำนวนมากๆ ลงบนลูกสูบอย่างรวดเร็ว จงตอบคำถามต่อไปนี้



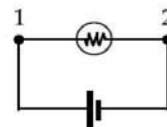
54. อุณหภูมิของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด
- A. เพิ่มขึ้น B. ลดลง C. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
55. ความดันของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด
- A. เพิ่มขึ้น B. ลดลง C. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
56. ปริมาตรของแก๊สจะมีการเปลี่ยนแปลงตามข้อใด
- A. เพิ่มขึ้น B. ลดลง C. ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

สำหรับข้อ 57-70 ให้ใช้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

แบตเตอรี่ที่ใช้ในข้อสอบเป็นแบบอุดมคติ ไม่มีความต้านทานภายใน เส้นลวดที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าไม่มีความต้านทานภายใน ข้างล่างนี้เป็นสัญลักษณ์ที่แทนอุปกรณ์ทางไฟฟ้าในข้อสอบ

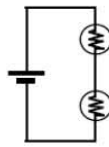


57. เมื่อเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้า ณ จุดที่ 1 กับ กระแสไฟฟ้า ณ จุดที่ 2 ที่จุดใดมีค่ากระแสไฟฟ้ามากที่สุด
- A. จุดที่ 1
B. จุดที่ 2
C. จุดที่ 1 และ 2 มีกระแสไฟฟ้าเท่ากัน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียวรอบวงจร
D. จุดที่ 1 และ 2 มีกระแสไฟฟ้าเท่ากัน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าไหลในสองทิศทางรอบวงจร

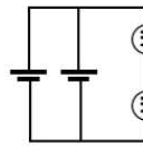


58. วงจรไฟฟ้าหรือวงจรไฟฟ้าใดได้รับกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ามากที่สุด

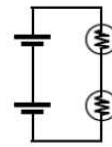
- A. วงจรที่ 1
- B. วงจรที่ 2
- C. วงจรที่ 3
- D. วงจรที่ 1 = วงจรที่ 2
- E. วงจรที่ 2 = วงจรที่ 3



วงจรที่ 1



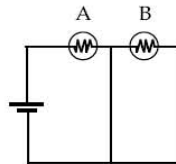
วงจรที่ 2



วงจรที่ 3

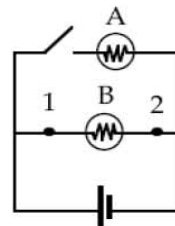
59. เมื่อเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟฟ้า A, B และ C ในวงจรข้างล่างนี้ หลอดไฟฟ้าหรือหลอดไฟฟ้าใดที่สว่างมากที่สุด

- A. A
- B. B
- C. C
- D. A = B
- E. A = C



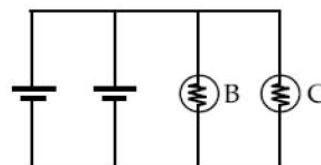
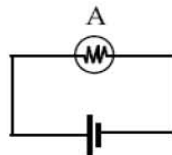
60. ความต่างศักย์ระหว่างจุด 1 และ 2 มีค่าเป็นเท่าใด เมื่อสับสวิตช์ลง

- A. เพิ่มขึ้น 4 เท่า
- B. เพิ่มขึ้น 2 เท่า
- C. มีค่าเท่าเดิม
- D. ลดลงครึ่งหนึ่งของ
- E. ลดลงหนึ่งในสี่



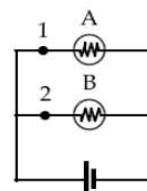
61. เมื่อเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟฟ้า A กับหลอดไฟฟ้า B หลอดไฟฟ้า A จะสว่าง _____ หลอดไฟฟ้า B

- A. เป็นสี่เท่าของ
- B. เป็นสองเท่าของ
- C. เท่ากันกับ
- D. เป็นครึ่งหนึ่งของ
- E. เป็นหนึ่งในสี่ของ



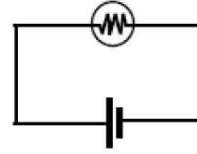
62. ความสว่างของหลอดไฟฟ้า A และ B จะเป็นอย่างไร เมื่อนำสายไฟมาเชื่อมต่อระหว่างจุด 1 และ 2

- A. หลอดไฟฟ้าทั้งสองสว่างเพิ่มขึ้น
- B. หลอดไฟฟ้าทั้งสองสว่างลดลง
- C. หลอดไฟฟ้าทั้งสองยังสว่างเท่าเดิม
- D. หลอดไฟฟ้า A สว่างมากกว่าหลอดไฟฟ้า B
- E. หลอดไฟฟ้าทั้งสองดับ



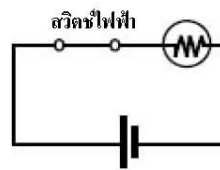
63. สนามไฟฟ้าภายในไล้ของหลอดไฟฟ้าแบบไล้มีค่าเป็นศูนย์หรือไม่เป็นศูนย์

- A. เป็นศูนย์ เพราะ ไล้หลอดเป็นต้วนำไฟฟ้า
- B. เป็นศูนย์ เพราะ มีกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไล้หลอด
- C. เป็นศูนย์ เพราะมีประจุไฟฟ้าบนผิวของไล้หลอด
- D. ไม่เป็นศูนย์ เพราะกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไล้หลอดสร้างสนามไฟฟ้า
- E. ไม่เป็นศูนย์ เพราะมีประจุไฟฟ้าบนผิวของไล้หลอดที่คอยสร้างสนามไฟฟ้า

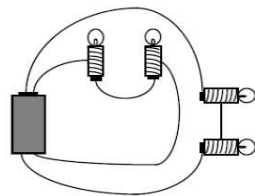
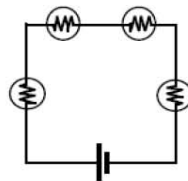


64. ความต้านทานของหลอดไฟฟ้ามีค่าเป็นอย่างไร หลังจากสับสวิตซ์ไฟฟ้าลงทันที

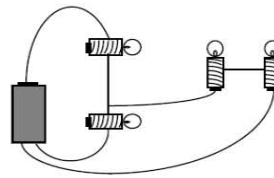
- A. ความต้านทานจะมีค่าเป็นอนันต์
- B. ความต้านทานเพิ่มขึ้น
- C. ความต้านทานลดลง
- D. ความต้านทานมีค่าคงเดิม
- E. ความต้านทานจะลดลงจนเป็นศูนย์



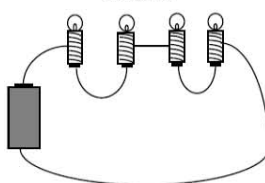
65. การต่อวงจรไฟฟ้ารูปใดแสดงการต่อหลอดไฟดังรูปข้างล่างนี้



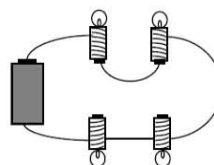
วงจรที่ 1



วงจรที่ 2



วงจรที่ 3



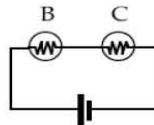
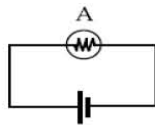
วงจรที่ 4

- A. วงจรที่ 2
- B. วงจรที่ 3
- C. วงจรที่ 4
- D. วงจรที่ 1 และ 2
- E. วงจรที่ 3 และ 4

66. ถ้าเพิ่มกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแบตเตอรี่เป็น 2 เท่า ความต่างศักย์ที่คร่อมแบตเตอรี่จะเป็น 2 เท่าใช่หรือไม่

- A. ใช่ เพราะเป็นไปตามกฎของโอห์ม คือ $V = IR$
- B. ใช่ เพราะ ความต้านทานที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความต่างศักย์จะเพิ่มขึ้น
- C. ไม่ใช่ เพราะ กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ทำให้ความต่างศักย์จะลดลงเป็นครึ่งหนึ่ง
- D. ไม่ใช่ เพราะ ความต่างศักย์เป็นสมบัติเฉพาะตัวของแบตเตอรี่
- E. ไม่ใช่ เพราะ ความต่างศักย์เป็นสมบัติเฉพาะตัวของอุปกรณ์ทุกตัวในวงจร

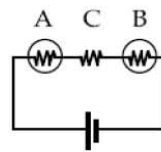
67. จงเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไฟ A กับหลอดไฟ B หลอดไฟ A จะสว่าง _____ หลอดไฟ B



- A. เป็นสี่เท่าของ
- B. เป็นสองเท่าของ
- C. เท่ากันกับ
- D. เป็นครึ่งหนึ่งของ
- E. เป็นหนึ่งในสี่ของ

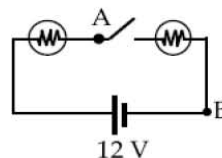
68. ความสว่างของหลอดไฟ A และ หลอดไฟ B จะเป็นอย่างไร เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานของตัวต้านทาน C ในวงจรไฟฟ้าดังรูปข้างล่างนี้

- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
- B. A สว่างลดลง แต่ B สว่างเท่าเดิม
- C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
- D. A และ B สว่างลดลง
- E. A และ B สว่างเท่าเดิม



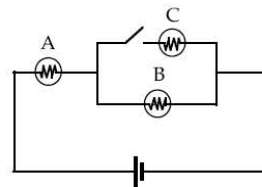
69. ความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่าใด

- A. 0 โวลต์
- B. 3 โวลต์
- C. 6 โวลต์
- D. 12 โวลต์
- E. ไม่มีข้อใดถูก



70. ความสว่างของหลอดไฟ A และ B จะเป็นอย่างไร เมื่อสับสวิตช์ลง

- A. A สว่างเท่าเดิม แต่ B สว่างลดลง
- B. A สว่างเพิ่มขึ้น แต่ B สว่างลดลง
- C. A และ B สว่างเพิ่มขึ้น
- D. A และ B สว่างลดลง
- E. A และ B สว่างเท่าเดิม



**แบบทดสอบความเข้าใจฟิสิกส์ในหัวข้อ
กลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง**

วัตถุประสงค์: เพื่อวัดความเข้าใจฟิสิกส์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและอุดมศึกษาชั้นปีที่ 1 โดยเน้นหัวข้อกลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง ที่นักเรียนส่วนใหญ่มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

คำชี้แจง:

1. แบบทดสอบความเข้าใจนี้เป็นส่วนหนึ่งในการทำวิจัย เพื่อเก็บข้อมูลความเข้าใจฟิสิกส์พื้นฐานของหน่วยวิจัยฟิสิกส์ศึกษา (Physics Education Research Unit) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ขอความกรุณานักเรียนตอบคำถามทุกข้อ ตามความเข้าใจของนักเรียน
3. ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบทดสอบความเข้าใจของนักเรียน จะถูกนำเสนอในเชิงสถิติ โดยผลสอบของนักเรียนแต่ละคนจะถูกเก็บเป็นความลับ และไม่มีผลต่อคะแนนเรียนของผู้ตอบแบบสอบถาม
4. แบบทดสอบความเข้าใจมีทั้งหมด 70 ข้อ ใช้เวลาในการตอบ 120 นาที
5. ให้ทำแบบทดสอบลงในกระดาษคำตอบที่เตรียมไว้ให้

ข้าพเจ้ายินดีให้ความร่วมมือในการตอบแบบทดสอบความเข้าใจฟิสิกส์

นักเรียนสามารถขอรับผลสอบได้ทางไปรษณีย์หรือทาง e-mail เป็นรายบุคคล โดยขอความกรุณารอกข้อมูล

ชื่อ (นาย, นางสาว)นามสกุล.....

โรงเรียน.....ชั้น.....

กรุณาเลือกช่องทางในการรับผลสอบ

ที่อยู่

.....

e-mail.....

แบบทดสอบมีทั้งหมด 70 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 120 นาที

กระดาษคำตอบสำหรับแบบทดสอบความเข้าใจฟิสิกส์ในหัวข้อ
กลศาสตร์ เทอร์โมไดนามิกส์ และไฟฟ้ากระแสตรง

ข้อ	คำตอบ		ข้อ	คำตอบ		ข้อ	คำตอบ
1.			26.			51.	
2.			27.			52.	
3.			28.			53.	
4.			29.			54.	
5.			30.			55.	
6.			31.			56.	
7.			32.			57.	
8.			33.			58.	
9.			34.			59.	
10.			35.			60.	
11.			36.			61.	
12.			37.			62.	
13.			38.			63.	
14.			39.			64.	
15.			40.			65.	
16.			41.			66.	
17.			42.			67.	
18.			43.			68.	
19.			44.			69.	
20.			45.			70.	
21.			46.				
22.			47.				
23.			48.				
24.			49.				
25.			50.				