

試験問題例と実施後の分析

科目名	物理	学年類型	3年理系	単元名	電気と磁気 電流
単元の観点ごとの目標					
知識及び技能		思考力, 判断力, 表現力等		学びに向かう力, 人間性等	
起電力や電圧降下の意味, キルヒホッフの法則を理解すること。 各素子の特徴や仕組みを理解すること。		回路を流れる電流, 素子の両端の電位差, 電気抵抗などを公式やグラフを適用して正しく説明できるようにすること。		複雑な回路についてより深く知ろうとする姿勢をもつこと。 半導体が多量の電子部品に使用されていることを知り, 半導体に興味・関心をもつこと。	
単元の観点ごとの評価規準					
知識・技能		思考・判断・表現		主体的に学習に取り組む態度	
起電力や電圧降下の意味を理解しており, キルヒホッフの法則を正しく用いて各種の回路計算を行うことができる。		電流計や電圧計の測定範囲を大きくするにはどのようにしたらよいかを判断できる。 単元の各公式やグラフなどを正しく適用することができる。		直流回路と抵抗からなる複雑な回路のとき, 回路のどの部分にはいくらの電流が流れているか, また電流計の仕組みはどのようにになっているかに興味を示している。	
考査名	2学期中間考査			想定解答時間	5分

<本校生徒の実態>

本校普通科の物理選択者のうち, 理工系進学希望者のほぼ全員が国公立大学を第一志望としている。生徒は公式を使って基本的な問題を解く力はあるが, 公式の概念を理解し, 説明する力については課題が見られる。

<出題の意図>

回路において電位差の等しい場所や電流の等しい場所を正しく把握しているか, 電流－電圧特性曲線からより多くの情報を読み取り, 考えて解答につなげることができるかを確認することとした。

<作成上の留意点>

(1) 選択式設問について

授業で電流－電圧特性曲線を用いた問題を解く際に, 今回の出題を念頭に入れ, 傾きも含めたグラフの読み方について説明を行った。60 Wであれば流れる電流は $P = IV$ より0.60 Aであることから正答を選ぶことを目的とした。

(2) 選択式, 記述式設問について

電球が並列であれば, 電球にかかる電圧は単独で100 Vの電源につないだときと同様に100 Vである。直流回路で学習した内容を反映させて解答を導くことができるか確認することを目的とした。

(3) 選択式, 記述式設問について

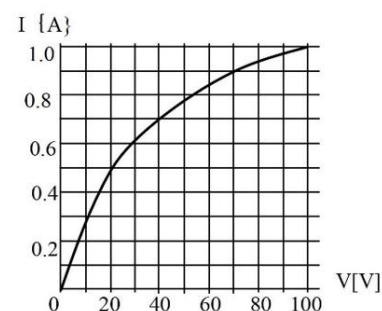
ふだんの生活では, 100 Wの電球は60 Wの電球に比べて明るいとの認識がある。しかし, 電球を直列に接続した場合, 60 Wの電球の方が明るく光る。この結論を電流の流れ方, 電流－電圧特性曲線, オームの法則などを用いて思考し, 解答を導くことを目的とした。

<問題>〔白熱電球と電気回路〕

観点別学習状況の評価

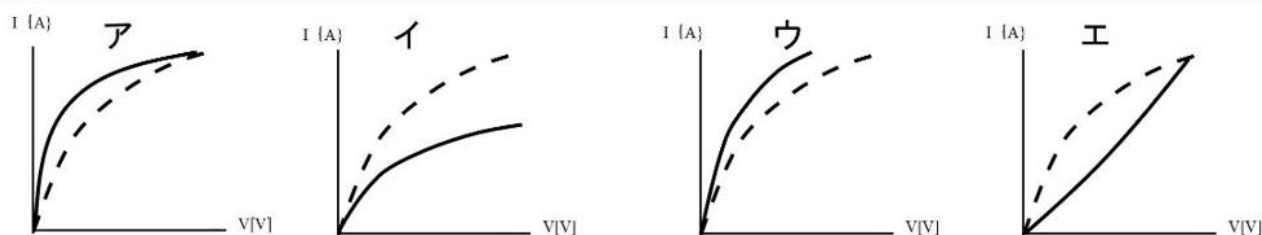
思考・判断・表現

100 Vの電源に接続すると消費電力が100 Wとなる白熱電球Aがある。右図は、Aに流れる電流と電圧の関係を示したグラフ（電流－電圧特性曲線）である。白熱電球は、消費電力の約10%を可視光線のエネルギーに変えるものとして、以下の問いに答えよ。



- (1) 白熱電球Aと同じ材質で、100 Vの電源に接続すると消費電力が60 Wとなる白熱電球Bにおける電流－電圧特性曲線はどのような形となるか。その概形を次のアからエより一つ選びなさい。ただし、100 Wの電球のものは点線で、60 Wのものは実線で示してある。

自然事象に対する気付き



- (2) 図1のように、白熱電球A、Bを並列にすると、どちらの電球がより明るくなるか。また、その理由も説明せよ。

- (3) 図2のように、白熱電球A、Bを直列にすると、どちらの電球がより明るくなるか。また、その理由も説明せよ。解答は、以下の点に留意して行うこと。

考察・推論

- ・途中に【電流、電圧、抵抗】のうち、二つ以上の語句を入れること。
- ・必要であれば、解答欄のグラフに書き込みをして説明に用いてもよい。
- ・必要であれば、以下の記号を用いてよい。

Aにかかる電圧： V_A Bにかかる電圧： V_B Aに流れる電流： I_A Bに流れる電流： I_B

ある状況下でのAの電気抵抗： R_A ある状況下でのBの電気抵抗： R_B

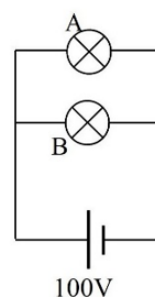


図1

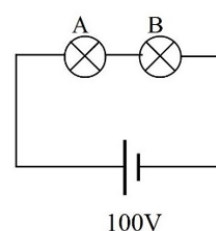


図2

<生徒の解答状況>

(1)は、正答率が8割を超えており、多くの生徒が理解しているものと見られる（資料1の左の表）。電圧・電流と電力の関係の式から、100 Vの電圧がかかっているとき、電球Bでは0.6 Aの電流が流れることになるので、ここに気付いた生徒は、簡単に正解を選択できたものと考えられる。

しかし(2)では、(1)で問われていることとほぼ同じ内容にもかかわらず、正答率は6割弱となり、全体の4分の1の生徒に匹敵する人数が不正解に転じたこととなる（資料1の真ん中の表）。この状況をもう少し詳しく見てみると、(1)が正解かつ(2)が不正解の生徒は、60点から79点の得点帯で4名（(1)が正解17名の23.5%）、40点から59点の得点帯で5名（(1)が正解20名の25.0%）となり、比較的高得点をとった生徒でも正しく解答できていないことが見受けられた。回路における電位の基本的な考え方を実際の現象と結び付けて考えられない生徒が一定数いることが分かった。

また(3)では、正答率が3割強となり、生徒にとって難易度が高い問題となった(資料1の右の表)。ただし(2)の状況とは異なり、(1)が正解かつ(3)が不正解の生徒は、60点から79点の得点帯で6名((1)が正解17名の35.3%)に対し、40点から59点の得点帯で14名((1)が正解20名の70.0%)と、得点が伸び悩んでいる生徒ほど誤答率が高いと言える。(3)は、白熱電球ではなく、具体的な抵抗値を与えた電気抵抗であれば基礎的な問題となり、正答率は大幅に上がったことが予想される。しかし、問題で示された状況を的確にイメージできなかった生徒がより多かったものと見られる。

【資料1 考査得点別の(1)～(3)〔選択式設問〕の解答状況】

※受査人数 64名, 平均点 50.5

(1)の得点帯				(2)の得点帯				(3)の得点帯			
上段:人数(人)	○	×	未記載	上段:人数(人)	○	×	未記載	上段:人数(人)	○	×	未記載
下段:割合(%)				下段:割合(%)				下段:割合(%)			
80点以上	3 4.7	0 0.0	0 0.0	80点以上	3 4.7	0 0.0	0 0.0	80点以上	3 4.7	0 0.0	0 0.0
60～79点	17 26.6	0 0.0	0 0.0	60～79点	13 20.3	4 6.3	0 0.0	60～79点	11 17.2	6 9.4	0 0.0
40～59点	20 31.3	0 0.0	1 1.6	40～59点	15 23.4	5 7.8	1 1.6	40～59点	6 9.4	8 12.5	7 10.9
20～39点	14 21.9	9 14.1	0 0.0	20～39点	7 10.9	11 17.2	5 7.8	20～39点	2 3.1	12 18.8	9 14.1
正答率	84.3%			正答率	59.4%			正答率	34.4%		

資料2及び資料3に記述式設問において正しく解答した生徒の一例を示す。

【資料2】(2)の記述式設問の解答例

【資料3】(3)の記述式設問の解答例

説明 並列なので $V_A = V_B = V_0$
 よって A, B にかかる電圧は 100V
 $P(A) = IV$ より $I = \frac{P}{V}$
 100V のとき $I_B = \frac{60}{100} = \frac{3}{5}A$
 よって A に流れる電流の方が大きいので A の方が明しくなる。

説明 並列に接続して A, B の電圧を同じにする。同じ電圧では A の方が消費電力が大きいので、A が明るくなる。

(3) β
 説明 A, B の電圧をそれぞれ V_A, V_B とし、電流を I_A, I_B とする。電圧が同じであるから、消費電力の比は電流の比に等しい。よって、 $I_A > I_B$ のとき、A の方が明るくなる。よって、A の方が明るくなる。

(3) B
 説明 電流は一定 $I_A = I_B$ である。よって、消費電力の比は電圧の比に等しい。
 $100 = I_A(R_A + R_B)$
 $I_A = \frac{100}{R_A + R_B}$
 よって、電流は一定 $I_A = \frac{100}{R_A + R_B}$ の量が流れる。
 抵抗 R_A, R_B は定数の値である。よって、 $R_A > R_B$ のとき、B の方が明るくなる。

ただし、記述式設問については、正答率が1～2割強であり、かなり難易度が高いものになった(資料4)。(2)で選択式と記述式の両方に正解した生徒は、60点から79点の得点帯で6名(選択式正解13名のうち46.1%)、40点から59点の得点帯で8名(選択式正解15名のうち53.3%)となり、どちらの得点帯においても、おおよそ半数の生徒しか正しく説明できていないことが分かった(資料4の左の表)。また、(3)で選択式と記述式の両方に正解した生徒は、60点から79点の得点帯で4名(選択式正解11名の36.3%)、40点から59点の得点帯で1名(選択式正解6名の16.7%)となり、こちらは、得点帯が低い生徒ほど正答率が低いことが分かった(資料4の右の表)。

【資料4 考査得点別の(2), (3)〔記述式設問〕の解答状況】

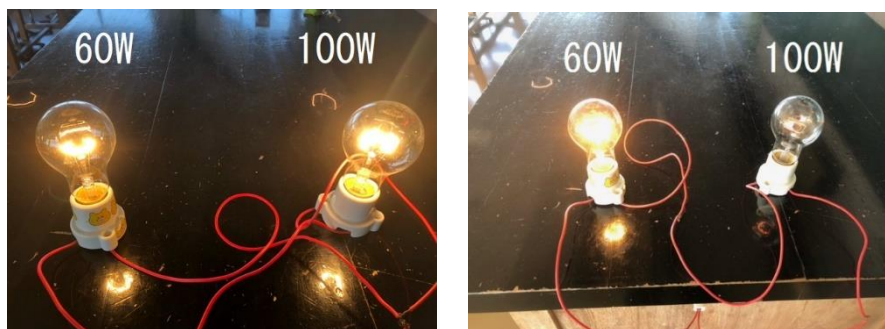
※受査人数 64名

(2)の得点帯					(3)の得点帯				
上段:人数(人)	○	△	×	未記載	上段:人数(人)	○	△	×	未記載
下段:割合(%)					下段:割合(%)				
80点以上	2 3.1	1 1.6	0 0.0	0 0.0	80点以上	2 3.1	1 1.6	0 0.0	0 0.0
60～79点	6 9.4	5 7.8	5 7.8	1 1.6	60～79点	4 6.3	1 1.6	6 9.4	6 9.4
40～59点	8 12.5	7 10.9	5 7.8	1 1.6	40～59点	1 1.6	2 3.1	7 10.9	11 17.2
20～39点	0 21.9	2 14.1	14 21.9	7 10.9	20～39点	0 0.0	0 0.0	10 15.6	13 20.3
正答率 (含部分正答)	25.0% (48.4%)				正答率 (含部分正答)	10.9% (17.2%)			

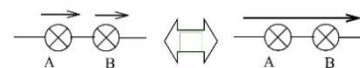
<実施後の教師の指導改善・生徒の学習改善に向けた取組について>

考査返却時に、作問のねらいを説明しながら解説を行った。設問(2)と(3)の違いについて正しく把握できていないことが見受けられたため、実際に回路を組んで演示型の実験を行って、明るさの違いについて観察させた(資料5)。その後、別の機会に行った生徒へのアンケートでは、この演示実験が今年度印象に残った授業内容に挙げた生徒が幾人か見受けられた。次年度は、考査前に生徒に提示してみるなど、実感させておくことが有効ではないかと考えられる。

【資料5】並列(左写真)及び直列(右写真)接続時の白熱電球の点灯状態



回路を流れる電流の表現(右図)について、その意図を明確にして説明を行った。



直流回路における等電位部分の図示について丁寧な説明をすることにより、生徒全体の理解度の向上につながると考えられる。

<模範解答例>

(1) イ (2) A (3) B

(2)の説明: A, Bは電池に並列に接続されているので、それぞれにかかる電圧は100Vである。よって、A, Bの消費電力はそれぞれ100Wと60Wとなり、Aの方が明るい。

(3)の説明: A, Bは直列に接続されているので、流れる電流は等しい。グラフより、電流が等しい場合、Bにかかる電圧の方が大きくなるので、消費電力は $IV_A < IV_B$ となり、Bの方が明るい。

[別解] グラフより、電流が等しいときは、接線の傾きはBの方が小さい。

I - V グラフの接線は抵抗の逆数を表すので、 $R_A < R_B$ である。消費電力は $P^2R_A < P^2R_B$ となり、Bの方が明るい。

