

# **PROSIDING SEMINAR KEBANGSAAN SAINS, TEKNOLOGI & SAINS SOSIAL**

**27 ~ 28 MEI 2002**

**HOTEL VISTANA, KUANTAN, PAHANG**

**Anjuran :**



**Universiti Teknologi MARA  
Cawangan Pahang**

**Dengan Kerjasama**



**Kerajaan  
Negeri Pahang Darul Makmur**

**JILID 2**



# AMALI FIZIK ASAS : SATU PENILAIAN SEMULA

ABU HASSAN HUSIN

Universiti Teknologi MARA, Kampus Kuala Pilah, 72000 Kuala Pilah, Negeri Sembilan

## ABSTRAK

*Umumnya, terdapat dua pendekatan dalam menjalankan amali fizik diperingkat asas, satu disebut tradisional dan yang satu lagi bukan tradisional. Satu kajian dijalankan ke atas manual-manual amali daripada tiga institusi yang mengendalikan amali fizik peringkat asas untuk meninjau setakat mana tajuk-tajuk amali telah berubah dibandingkan dengan "Harvard Forty" dan seterusnya melihat adakah pemikiran pendekatan amali bukan tradisional telah mempengaruhi penulisan manual-manual amali ini berdasarkan beberapa ciri yang biasanya terdapat pada amali seumpama ini. Seterusnya beberapa cadangan disarankan untuk menjadikan amali-amali fizik asas sebagai suatu pendekatan pengajaran yang bermakna, menarik dan relevan kepada para pelajar.*

*Kata Kunci: Amali tradisional, amali bukan tradisional dan "Harvard Forty".*

## PENGENALAN

Amali fizik yang menjadi sebahagian komponen suatu kursus fizik sebagaimana yang dijalankan pada hari ini telah mula diperkenalkan di Massachusetts Institute of Technology (MIT) pada tahun 1869 diikuti oleh King's College, London pada tahun 1871.<sup>1</sup> Manual amali fizik untuk pelajar yang pertama telah ditulis oleh Edward Charles Pickering dari MIT. Pada tahun 1886, universiti Harvard pula memperkenalkan senarai 40 eksperimen yang perlu dibuat oleh seseorang pelajar sebelum layak memasuki universiti tersebut yang dikenali dengan nama "Harvard Forty".<sup>2</sup>

Walaupun pada mulanya amali fizik yang dijalankan oleh pelajar ini dilihat sebagai satu kaedah pengajaran yang sangat wajar, namun begitu kritikan terhadap keberkesanan kaedah ini telah mula disuarakan seawal tahun 1910 apabila seorang ahli fizik bernama Mann merumuskan bahawa "Laboratories have not solved the problems of science teaching...we do not know how to use laboratories most effectively."<sup>3</sup> Pada tahun yang sama, Woodhull dari Columbia University menyifatkan kursus fizik di kolej umumnya merupakan "a barren kind of pedagogy and a starvation course in measurement."<sup>4</sup> Kajian yang dijalankan oleh Kruglak dalam tahun 1950-an menunjukkan bahawa dari segi statistiknya tidak ada perbezaan yang bererti dalam keputusan ujian tajuk Mekanik di antara pelajar yang mengambil amali fizik dengan yang tidak mengambil amali fizik.<sup>5</sup> Keputusan kajian ini menunjukkan bahawa amali tidak semestinya dapat mengukuhkan kefahaman fizik teori, ia hanya dapat memberikan beberapa kemahiran manipulatif dalam mengendalikan radas-radas dalam makmal. Kritikan yang menyeluruh telah ditulis oleh Menzie dalam tahun 1970 dalam penulisannya yang berjudul "The Lost Arts of Experimental Investigation". Salah satu petikan penting daripada penulisan beliau ini menyatakan

"Several generations of physics students have now endured a most trivial educational experience in the laboratory because many colleges and universities fail to see the need, and when they do see the need, still refuse to such an extent to seek any meaningful change in the laboratory that the Harvard Forty have now become the Rites of Passage which produce almost as many math majors as they do physics majors"

Richard T. White<sup>6</sup> dari Monash University telah mempersoalkan sama ada latihan amali benar-benar relevan kepada pemahaman ilmu fizik. Beliau menulis

"Rather there seems to be settled faith in the value of practical work, a near religion to which we are prepared to donate large amounts of time and money. One consequence of the dogmatic foundation of practical work is that only too often it becomes a matter of rituals, the purpose of which is lost."

Selain persoalan keberkesanan penerapan ilmu fizik persoalan keberkesanan kos pula telah diutarakan dalam tahun 1980-an apabila peruntukan untuk mengendalikan sesuatu kursus dan program di universiti semakin berkurangan. Kos yang sangat tinggi untuk membangunkan dan melengkapkan sebuah makmal membuatkan keberkesanan amali mula dipersoalkan. Persoalan ini dinyatakan oleh Boud, Dunn dan Hegarty-Hazel

“But now we are beginning to see a challenge to the position of laboratory work, coming from those who wonder whether the great expense of maintaining and staffing teaching laboratories is really justified and whether many of the aims of laboratory teaching could be pursued more effectively elsewhere at less cost.”<sup>7</sup>

## BAHAN DAN KAEDAH

Tiga manual amali fizik iaitu daripada

- (i) Program Diploma Sains (DIS), Universiti Teknologi Mara (UiTM),
- (ii) Sijil Tinggi Persekolahan Malaysia (STPM), Kementerian Pendidikan Malaysia, dan
- (iii) Program Matrikulasi, Bahagian Matrikulasi, Kementerian Pendidikan Malaysia

dibandingkan dengan “Harvard Forty” dari segi peratus tajuk-tajuk amali yang serupa. Perbandingan ini menggambarkan setakat mana perubahan yang berlaku dalam tajuk-tajuk amali tahun 1886 di Amerika Syarikat dibandingkan dengan tajuk-tajuk amali 2001 di Malaysia. Senarai tajuk-tajuk amali ini diberikan dalam Apendiks.

Seterusnya, struktur penulisan manual amali ini dibandingkan dengan pembaharuan-pembaharuan yang boleh dikategorikan sebagai bukan tradisional. Berikut digariskan 5 *ciri*<sup>8</sup> bukan tradisional yang dimaksudkan:

- (i) Arahan di dalam manual tidak berbentuk “cookbook” tetapi lebih berbentuk masalah yang perlu diselesaikan yang bersifat “open-ended” atau projek.<sup>9</sup>
- (ii) Penerapan *kemahiran berfikir sebagai ahli fizik*.<sup>10</sup>
- (iii) Terdapat unsur dramatik untuk mengukuhkan ingatan dan pemahaman konsep.
- (iv) Menyatakan hubungan amali dengan realiti kehidupan seharian supaya pelajar dapat merasakan relevannya eksperimen mereka kepada kehidupan.
- (v) Mempunyai ciri penggunaan teknologi terkini yang menggambarkan keadaan sebenar di dalam sesuatu makmal kajiselidik.

## KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Jadual 1: Perbandingan bilangan dan peratus tajuk-tajuk amali yang serupa dengan “Harvard Forty”

Tajuk	“Harvard Forty”	Diploma Sains (DIS)			STPM			Matrikulasi		
	Bil.	Bil.	Bil. Amali serupa	%* serupa	Bil.	Bil. Amali serupa	% serupa	Bil.	Bil. Amali serupa	% serupa
Isipadu & Ketumpatan	6	1	1	17	1	1	17	1	1	17
Tekanan	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mekanik	5	6	1	20	2	2	40	3	2	40
Dinamik	3	2	1	33	4	1	33	5	1	33
Bunyi	4	3	2	50	2	2	50	1	1	25
Haba	8	5	5	63	1	1	13	0	0	0
Optik	4	8	1	25	3	1	25	4	1	25
Keelektrikan & Kemagnetan	6	16	2	33	5	1	17	5	1	17
Toeri Kinetik Gas/Hukum Gas	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Elektronik	0	4	0	0	1	0	0	0	0	0
Keradioaktifan	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0
Jumlah	40	49	13	33	20	9	23	20	7	18

\* % serupa =  $(\text{Bil. tajuk amali DIS atau STPM atau matrikulasi yang serupa dengan "Harvard Forty"} \div \text{Bil. tajuk amali "Harvard Forty"}) \times 100$

*Beberapa ciri penting dapat dilihat daripada Jadual 1 diatas:*

1. Bagi program DIS terdapat 33% daripada 49 amali fizik yang dijalankan serupa dengan “Harvard Forty” sementara untuk STPM terdapat 23% daripada 20 amali dan Matrikulasi pula 18% daripada 20 amali. Umumnya masih terdapat 33% daripada keseluruhan amali dalam ketiga-tiga program yang menyerupai amali “Harvard Forty”.
2. Penekanan kepada tajuk-tajuk isipadu dan ketumpatan dalam “Harvard Forty” yang merupakan 15% daripada 40 amali tidak kelihatan dalam ketiga-tiga program. DIS hanya memberikan 2% sahaja daripada 49 amali sementara STPM dan Matrikulasi masing-masing hanya memberikan 5% sahaja daripada 20 amali.
3. Tajuk haba yang memenuhi 20% daripada 40 amali “Harvard Forty”, iaitu peratusan tajuk yang tertinggi disini, hanya diberikan ruang sebanyak 10% oleh DIS, 5% oleh STPM dan tiada langsung dalam amali Matrikulasi.
4. Penambahan penekanan dapat diperhatikan dalam tajuk keelektrikan dan kemagnetan. DIS telah meletakkan 33% amali dalam tajuk ini, sementara STPM 25% dan matrikulasi 25%.
5. Kemunculan tajuk-tajuk elektronik dan keradioaktifan yang tidak terdapat dalam “Harvard Forty” menunjukkan pengaruh fizik moden dalam amali-amali fizik masa kini. Namun begitu, tajuk-tajuk ini masih merupakan dalam peratusan yang kecil, iaitu 16% bagi DIS, 5% bagi STPM dan 5% juga bagi Matrikulasi.

Daripada struktur penulisan ketiga-tiga manual amali, iaitu daripada DIS, STPM dan Matrikulasi didapati:

1. Ditinjau dari segi ciri bukan tradisional pertama yang digariskan di atas, semua manual fizik ini bersifat tradisional dengan struktur yang tegar serta prosedur yang jelas untuk membuktikan sesuatu hukum atau pun mendapatkan sesuatu nilai. Tidak banyak ruang untuk pelajar benar-benar berfikir tentang prosedur dan teori fizik yang perlu digunakan. Ini mungkin disebabkan pendekatan ini dirasakan sesuai oleh penggubal silabus amali bagi peringkat umur pelajar yang sedemikian. Namun begitu, masih terdapat ruang untuk sekurang-kurangnya menjadikan sebahagian amali yang dijalankan bersifat projek.
2. Penerapkan kemahiran berfikir sebagai ahli fizik peringkat asas seperti menganggarkan kuantiti, menentukan ralat dan menggunakan teknik pengukuran yang berguna cuba diterapkan menerusi manual ini. Walau bagaimanapun pembinaan kemahiran intelektual yang lebih tinggi iaitu berkomunikasi secara lisan dengan berkesan dan keupayaan menyesuaikan pengetahuan yang ada kepada keadaan yang berbeza tidak dapat dikesan.
3. Tidak terdapat unsur-unsur dalam manual ini yang cuba memberikan satu kesan dramatik supaya pelajar dapat menjadikannya sebagai satu episod yang kekal diingatan. Amali yang dramatik, tidak semestinya semua amali bersifat demikian, dijangkakan dapat mengejutkan pelajar dan menambah minat mereka kepada amali-amali yang dijalankan.
4. Dalam manual ini juga tidak diberikan kaitan di antara amali yang dibuat dengan relevannya kepada realiti dunia persekitaran pelajar. Aspek ini penting supaya pelajar dapat menghargai dan merasakan bagaimana amali fizik yang dilakukannya adalah suatu yang bermakna dan telah mengubah kehidupan manusia kepada keadaan yang lebih baik.
5. Penggunaan teknologi terkini seperti mengumpul data dan membuat analisis ralat menggunakan komputer atau pun menggunakan pengesan untuk melihat hubungan gerakannya di komputer tidak terdapat dalam manual amali ini. Walaupun kos awal untuk teknik seperti ini mahal, tetapi pengalaman ini perlu supaya pelajar dapat sekurang-kurangnya merasakan keadaan yang benar-benar wujud dalam sesuatu makmal kajiselidik.

Kesimpulannya, walaupun secara purata hanya tinggal 25% sahaja amali-amali "Harvard Forty" yang masih serupa dengan amali-amali yang dilakukan di peringkat DIS, STPM dan Matrikulasi, namun begitu amali-amali ini masih lagi bersifat tradisional. Kajian selanjutnya perlu dibuat untuk melihat sejauh mana amali-amali ini berjaya meningkatkan kefahaman fizik dan menambah minat pelajar serta memberikan mereka suatu pendekatan pengajaran yang bermakna. Usaha yang berterusan perlu dibuat supaya amali-amali yang dibuat adalah bersifat terbuka, dramatik, dan relevan dalam usaha membentuk pelajar yang dapat berfikir sebagai seorang ahli fizik yang dapat menerangkan amali-amalinya dengan berkesan kepada sesiapa sahaja serta mempunyai gambaran yang jelas keperluan-keperluan bagi kajiselidik yang sebenar.

Cadangan:

1. Jadikan beberapa amali bersifat masalah yang perlu diselesaikan. Pelajar perlu menggunakan fizik teori dan kemahiran menggunakan radas tertentu untuk menyelesaikan masalah ini. Pensyarah atau guru hanya memberikan beberapa garis panduan dan seterusnya pelajar akan membuat laporan yang terperinci. Projek seperti ini menggalakkan pelajar berfikir dengan lebih banyak dan pada masa yang sama memberikan peluang untuk mereka mengetahui sesuatu konsep fizik dengan lebih mendalam seperti yang dilakukan oleh penyelidik fizik profesional. Jika bilangan amali yang sedia ada terlalu banyak bilangannya, kurangkan bilangan amali ini. Biar sedikit asalkan bermakna dan berkesan.
2. Sediakan beberapa amali yang dramatik supaya ia menarik minat pelajar dan membolehkan mereka bercerita tentang amali ini untuk jangka masa yang lama. Pensyarah dan guru pula boleh mengambil peluang daripada amali-amali dramatik ini untuk menekankan konsep fizik yang berkaitan sama ada di dalam makmal itu sendiri atau pun ketika di dalam kelas.
3. Sejarah sesuatu amali serta kaitannyanya dengan kehidupan masa kini perlu ditekankan supaya pelajar dapat merasakan amali yang dilakukan adalah suatu yang relevan dan bermakna.

4. Tujuan amali-amali ini diadakan perlulah diberikan penilaian semula. Tradisi membuat amali yang dimulakan semenjak 1869 dalam format yang dilakukan pada hari tidak semestinya diteruskan. Mungkin ada kaedah lain yang dapat memberikan nilai kefahaman dan pembentukan kemahiran ilmu fizik yang lebih sesuai dan lebih berkesan.

### *RUJUKAN*

- 1 Melba, P. 1980. Early history of physics laboratories for students at the college level, *Am. J. Phys.* 49(6):522-527
- 2 Menzie, J.C. 1970. The Lost Arts of Experimental Investigation, *Am. J. Phys.* 38(9):1121-1127
- 3 Rosen, S. 1954. *Am. J. Phys.* 22:203
- 4 Woodhull, S.F.1910.*Science.* 31:729
- 5 Kruglak,H. 1952. Achievement of Physics Students With and Without Laboratory Work, *Am. J. Phys.*21:14-16
- 6 White, R.T. 1979. Relevance of practical work to comprehension of physics. *Phys. Educ.* 14:384-387
- 7 Boud,D. , Dunn, J. and Hegarty-Hazel, E. 1986.Teaching in Laboratories. SRHE & NFER-NELSON
- 8 Lima ciri ini hanyalah sebahagian ciri yang boleh dianggap bukan tradisional, mungkin terdapat ciri lain yang digunakan oleh penyelidik yang menggunakan pendekatan yang berlainan.
- 9 Robinson, M.C. 1978. Undergraduate laboratories in physics: Two philosophies. *Am. J. Phys.* 47(10):859-862
- 10 Reif, F and Mark St. John. 1979. Teaching physicists' thinking skills in the laboratory. *Am. J. Phys.* 47(11):950-957

## APENDIKS

Senarai 1: Tajuk-tajuk amali "Harvard Forty"

### Isipadu dan Ketumpatan

1. Pengukuran isipadu secara terus – (ketumpatan).
2. Sesaran.
3. Prinsip Archimedes.
4. Ketumpatan pepejal dengan kaedah keapungan.
5. Densimetri.
6. Ketumpatan udara (secara kasar)

### Tekanan

7. Anggaran tekanan pada kedalaman yang berlainan.
8. Membandingkan ketumpatan – Kaedah mengimbangkan turus.
9. Tiub Mariotte – anggaran tekanan atmosfera dengan kaedah Boyle dan Mariotte.
10. Pembinaan dan penggunaan barometer.

### Mekanik

11. Kekenyalan – regangan dawai – (Huhungan tegasan dan terikan).
12. Kekuatan takat putus dawai halus.
13. Pekali geseran – (kerja).
14. Tuas bengkok – (membandingkan jisim) – momen daya.
15. Pusat graviti.

### Dinamik

16. Hukum jasad jatuh.
17. Halaju jasad jatuh.
18. Hukum pendulum – pengaruh panjang lengkok – panjang pendulum yang berubah.

### Bunyi

19. Kelangsingan.
20. Membandingkan dua tala bunyi – kaedah graf.
21. Tiub resonans – jarak gelombang.
22. Halaju bunyi.

### Haba

23. Suhu – termometer takat tetap – takat lebur dan didih.
24. Pengembangan haba – termometer udara.
25. Mencampurkan air panas dan sejuk.
26. Haba tentu – kaedah campuran.
27. Haba pendam bagi air.
28. Haba pendam bagi stim.
29. Pengkonduksian haba.
30. Kehilangan haba menerusi perolakan dan sinaran.

### Optik

31. Fotometri.
32. Hukum pantulan – sudut prisma.
33. Pembiasan – Prinsip spektroskop – sudut sisihan.
34. Fokus utama bagi kanta – pemeriksaan teleskop dan mikroskop.

### Keelektrikan dan Kemagnetan

35. Menyuruh garis-garis medan magnet – Elektromagnet.
36. Jarum junaman (Dipping needle).
37. Tarikan dan tolakan elektrik – (Susunan siri dalam tertib elektropositif)

38. Taburan cas elektrik – satah pembukti – ketiadaan cas di bahagian dinding dalam suatu konduktor)
39. Membandingkan dge dengan hukum Ohm.
40. Membandingkan rintangan dengan hukum Ohm.

Senarai 2: Tajuk-tajuk amali Program Diploma Sains

### Isipadu dan Ketumpatan

#### 1. *Penggunaan angkup vernier dan mikrometer.*

#### Tekanan

Tiada

#### Mekanik

2. Pemalar spring.
3. Pekali geseran statik dan dinamik.
4. Ketegangan permukaan bagi air dengan kaedah tiub rerambut.
5. Kelikatan air menggunakan formula Poiseuille.
6. Kelikatan gliserin dengan kaedah Stoke.
7. Modulus Young bagi kayu dengan kaedah pemanjangan.

#### Dinamik

8. Hukum Newton kedua.
9. Pecutan graviti.

#### Bunyi

10. Halaju bunyi dengan kaedah tiub resonans.
11. Perubahan frekuensi bagi tali yang diregang terhadap panjang tali.
12. Halaju bunyi dalam udara menggunakan rajah Lissajous.

#### Haba

13. Muatan haba tentu logam dan minyak.
14. Muatan haba tentu getah dengan kaedah campuran.
15. Muatan haba tentu cecair dengan kaedah penyejukan.
16. Kekonduksian terma konduktor haba lemah.
17. Haba pendam tentu pelakuran ais.

#### Optik

18. Panjang fokus cermin cembung dengan kanta cembung.
19. Panjang fokus kanta cekung dengan cermin cekung.
20. Panjang fokus kanta cembung dengan kaedah sesaran.
21. Indeks biasan cecair menggunakan kanta cembung.
22. Indeks biasan kaca menggunakan spektrometer.
23. Jarak gelombang cahaya sodium dengan kaedah gelang Newton.
24. Tebal lapisan nipis dan sudut udara dengan kaedah interferens.
25. Jarak gelombang cahaya sodium menggunakan peparut belauan.

#### *Keelektrikan dan Kemagnetan*

26. Rheostat sebagai pengubah arus dan pembahagi keupayaan.
27. Hukum Ohm dan susunan perintang selari dan bersiri.
28. Rintangan voltmeter menggunakan kaedah graf.
29. Potentiometer – dge dan rintangan dalam sel.
30. Tetimbang Wheatstone – rintangan dan kerintangan dawai.
31. Kapasitans bagi kapasitor.
32. Kapasitor dalam litar a.u.
33. Hubungan voltan merentasi perintang dan kapasitor dalam litar RC ulang-alik bersiri.



34. Hubungan voltan merentasi perintang dan induktor dalam Litar RL ulang-alik bersiri.
35. Ciri-ciri resonans dalam litar RLC-AC bersiri.
36. Hubungan ketumpatan fluks dan tempoh ayunan bagi bar magnet.
37. Hubungan medan magnet bumi dan medan magnet yang terhasil daripada arus elektrik.
38. Dge dalam solenoid.
39. Hubungan di antara arus fotoelektrik dengan keamatan gelombang cahaya.
40. Perubahan arus fotoelektrik bagi sel suria terhadap keupayaan perencat yang dikenakan.
41. Perubahan rintangan thermister terhadap suhu.

### Elektronik

42. Osiloskop dan multimeter.
43. Ciri-ciri semikonduktor simpang-pn.
44. Ciri-ciri litar mod pengeluar sepunya.
45. Ciri-ciri spektrum garis pelbagai gas.

### Keradioaktifan

46. Lengkung cirian tiub Geiger-Muller – mengesan zarah/sinar radioaktif.
47. Menentukan pekali penyerapan aluminium dan julat zarah beta dalam aluminium.
48. Proses keradioaktifan menggunakan aliran cecair sebagai analogi.
49. Hukum songsangan kuasa dua bagi sinaran gamma dan beta.

### Senarai 3: Tajuk-tajuk amali STPM

#### *Isipadu dan ketumpatan*

1. Ketumpatan

#### Tekanan

Tiada

#### Mekanik

2. Modulus Young dengan kaedah kantilever.
3. Pekali geseran statik.

#### Dinamik

4. Prinsip keabadian momentum.
5. Momen inersia roda tenaga.
6. Pecutan graviti dengan kaedah bandul.
7. Ayunan terlembab bagi spring dalam udara.

#### Bunyi

8. Gelombang pegun pada tali.
9. Laju bunyi dengan tiub resonans.

#### Haba

10. Kekonduksian terma bagi kaca.

#### Optik

11. Pembesaran imej sahik kanta cembung.
12. Indeks biasan kaca dengan cermin cekung.
13. Jarak gelombang cahaya laser dengan mengkaji corak belauan peparut belauan.

## Keelektrikan dan Kemagnetan

14. Kapasitor-pemalar masa dan kapasitans dalam litar RC.
15. Hukum Ohm dan susunan perintang bersiri serta selari.
16. Jambatan Wheatstone – kerintangan dawai.
17. Meter keupayaan – rintangan dalam sel kering.
18. Medan magnet – perlakuan magnet bar dan medan magnet bumi.

## Hukum Gas

19. Hukum Charles.

## Elektronik

20. Ciri-ciri amplifler beroperasi.

### Senarai 4: Tajuk-tajuk amali fizik program Matrikulasi

Isipadu dan ketumpatan

1. Pengukuran dan ketakpastian.

## Tekanan

Tiada

## Mekanik

2. Statik – keseimbangan daya.
3. Modulus Young.
4. Pekali geseran statik dan dinamik.

## Dinamik

5. Gerakan jatuh bebas.
6. Hukum Newton kedua.
7. Prinsip Keabadian momentum.
8. Putaran jasad tegar.
9. Gerakan harmonik.

## Bunyi

10. Gelombang pegun dan bunyi.

## Haba

Tiada

## Optik

11. Optik geometri – pembesaran imej kanta cembung.
12. Indeks biasan kaca dengan cermin cekung.
13. Cincin Newton.
14. Pembelauan – jarak gelombang laser dengan peparut belauan.

## Keelektrikan dan Kemagnetan

15. Hukum Ohm dan susunan perintang bersiri dan selari.
16. Meter keupayaan – rintangan dalam sel.
17. Medan magnet – perlakuan magnet bar kecil dan medan magnet bumi.
18. Kapasitor – pemalar masa dan kapasitans dalam litar RC.
19. Jambatan Wheatstone – kerintangan dawai.

## Keradioaktifan

20. Hukum gandadua songsang sinar  $\gamma$  dan penyerapan sinar  $\gamma$ .